

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: NFGGD



Vojtěch Tryzna

**VARIABILITA SNĚHOVÉ POKRÝVKY NA ČERTOVĚ
LOUCE A V MODRÉM SEDLE (KRKONOŠE)
V LETECH 2003-2013**

VARIABILITY IN SNOW COVER CONDITIONS AT THE ČERTOVA
LOUKA AND THE MODRÉ SEDLO SITES (KRKONOŠE MTS.) DURING
THE PERIOD 2003-2013

Diplomová práce

Praha 2013

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Zbyněk Engel Ph.D.

Poděkování:

Děkuji RNDr. Zbyňku Engelovi Ph.D. za odborné vedení práce, aktivní účast při terénním sběru dat a ochotu při řešení nastalých situací. Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutí dat z meteorologické stanice u Luční boudy, Správě KRNAP za umožnění výzkumu v přísně chráněném území a Valeriánu Spustovi mladšímu za poskytnutí dat o sněhové pokrývce. V neposlední řadě děkuji tátovi a Jakubu Zilvarovi za pomoc při terénním sběru dat, a celé rodině a přátelům za podporu.

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 28. dubna 2014

Podpis

Zadání diplomové práce

Název práce: Variabilita sněhové pokrývky na Čertově louce a v Modrém sedle (Krkonose) v letech 2003-2013

Cíle práce: měření mocnosti sněhové pokrývky v průběhu aktuálních zimních sezón na lokalitách Čertova louka a Modré sedlo, zpracování a vyhodnocení historických terénních dat, interpretace výsledků s ohledem na předchozí pozorování v zájmovém území

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Datum zadání:.....

Jméno studenta: Bc. Vojtěch Tryzna

Podpis studenta:.....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Zbyněk Engel Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Abstrakt

Práce shrnuje 10 let výzkumu rozložení výšky sněhové pokrývky na vrcholových partiích východních Krkonoš v souvislosti s vývojem periglaciálních tvarů na těchto lokalitách. Výzkum probíhal v zimních sezónách 2003/2004 až 2012/2013 na lokalitách Čertova louka a Modré sedlo. Hlavním cílem práce bylo zjistit, jak se mění prostorová variabilita výšky sněhové pokrývky v průběhu sezóny a zda se sledované lokality mohou vzájemně ovlivňovat z hlediska distribuce sněhu mezi těmito lokalitami. Měření bylo prováděno ruční metodou pomocí lavinové sondy v pravidelně síti 141 bodů. Naměřená data byla dále porovnána s výškou sněhové pokrývky z meteorologické stanice na Luční boudě a s pravidelným měřením horské služby. Jako hlavní ukazatel prostorové distribuce sněhové pokrývky byl vybrán index obecné variability, který se počítal pro jednotlivé lokality za sledované období. Největší naměřené hodnoty výšky sněhové pokrývky byly pravidelně dosahovány v centrální nivační depresi na Čertově louce (max. 570 cm), naopak nejméně sněhu bylo pravidelně zaznamenáváno na hraně Modrého sedla (min. 35 cm). Rozdíl mezi těmito lokalitami dokumentuje i hodnota indexu obecné variability za celou sledovanou dekádu pro Čertovu louku (97) a pro Modré sedlo (33). Nejvyšší hodnoty byly většinou měřeny v únoru a sněhová pokrývka pravidelně setrvávala minimálně do dubna s celkovým maximem 227 dní. Metoda indexu obecné variability se ukázala jako vhodná metoda pro srovnání prostorové variability rozložení výšky sněhové pokrývky. Nepodařilo se však potvrdit, ani vyvrátit hypotézu vzájemného ovlivňování obou lokalit v souvislosti s distribucí sněhové pokrývky.

Abstract

This work summarizes one decade of spatial snow cover distribution research on the highest plateau of Eastern Krkonoše. This research was done in respect to periglacial landforms, which develop on these localities. The research was carried out during winter seasons 2003/2004 until 2012/2013 on Čertova louka meadow and Modré sedlo saddle. The main goal of the study was to analyze spatial snow depth variability during the season. Next goal was to analyze of possible interaction of snow distribution between both localities. The measurement was carried out manually by snow probe within regular net of 141 points. Our data were further compared with snow depth on professional meteorological station near Luční bouda chalet and with regular measurements of mountain rescue guards. As the main indicator of spatial snow distribution during the season was calculated general variability index. The highest values of snow depth were regularly reached at central terrain depression at Čertova louka meadow (max. 570 cm). On the other hand the lowest values were reached on the edge of Modré sedlo saddle (min. 35 cm). The difference between those two localities is also documented by values of general variability index for Čertova louka meadow (97) and for Modré sedlo saddle (33). The greatest values were usually measured during February and the snowpack regularly lasted at least until April with the maximum of 227 days. The method of general variability index showed good results and seemed to be an appropriate method for comparing of spatial distribution of snow depth between two localities. The hypothesis of interaction between both localities was not confirmed nor refused.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 1.1. Cíl práce | 1 |
| 1.2. Vymezení zájmové oblasti | 1 |
| 1.3. Úvod do problematiky | 2 |
| 2. FYZICKO – GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ | 3 |
| 2.1. Geologická charakteristika | 3 |
| 2.2. Reliéf | 4 |
| 2.3. Půdní charakteristika | 6 |
| 2.4. Klimatická charakteristika | 8 |
| 2.5. Hydrologická charakteristika | 10 |
| 2.6. Živá příroda Krkonoš | 10 |
| 2.7. Historie vlivu člověka na sledované lokality | 12 |
| 3. SNĚHOVÉ PODMÍNKY V KRKONOŠÍCH | 12 |
| 3.1. Význam sněhových srážek a sněhové pokrývky | 12 |
| 3.2. Historie výzkumu sněhové pokrývky | 13 |
| 3.3. Rozmístění sněhové pokrývky | 14 |
| 3.4. Mocnost a délka trvání sněhové pokrývky | 16 |
| 4. POUŽITÉ METODY | 18 |
| 4.1. Monitorovací body | 18 |
| 4.2. Metodika získávání dat | 18 |
| 4.3. Metodika zpracování naměřených dat | 19 |
| 4.4. Metodika zpracování získaných dat | 22 |
| 5. VÝSLEDKY | 23 |
| 5.1. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2003/2004 | 23 |
| 5.2. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2004/2005 | 25 |
| 5.3. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2005/2006 | 27 |
| 5.4. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2006/2007 | 28 |
| 5.5. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2007/2008 | 30 |
| 5.6. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2008/2009 | 32 |
| 5.7. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2009/2010 | 34 |
| 5.8. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2010/2011 | 37 |
| 5.9. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2011/2012 | 39 |
| 5.10. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2012/2013 | 42 |
| 5.11. Meziroční srovnání průměrů, meziroční a meziměsíční variabilita | 44 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 5.12. Prostorová variabilita | 48 |
| 6. DISKUZE | 51 |
| 7. ZÁVĚR | 56 |
| 8. MAPOVÉ VÝSTUPY | 58 |
| 9. LITERATURA | 108 |
| 9.1. Další zdroje | 114 |

PŘÍLOHA 1: Fotografie

1. ÚVOD

1.1. Cíl práce

Cílem práce bylo vyhodnotit a charakterizovat sněhové podmínky a jejich variabilitu v oblasti Čertovy louky a Modrého sedla od zimní sezóny 2003/2004 do zimní sezóny 2012/2013, na základě pravidelných terénních měření výšky sněhové pokrývky. Dále porovnat tyto sněhové podmínky s meteorologickými daty získanými z meteorologické stanice na Luční boudě. Na závěr interpretovat výsledky a charakterizovat převažující trendy pozorované v zájmovém území.

1.2. Vymezení zájmového území

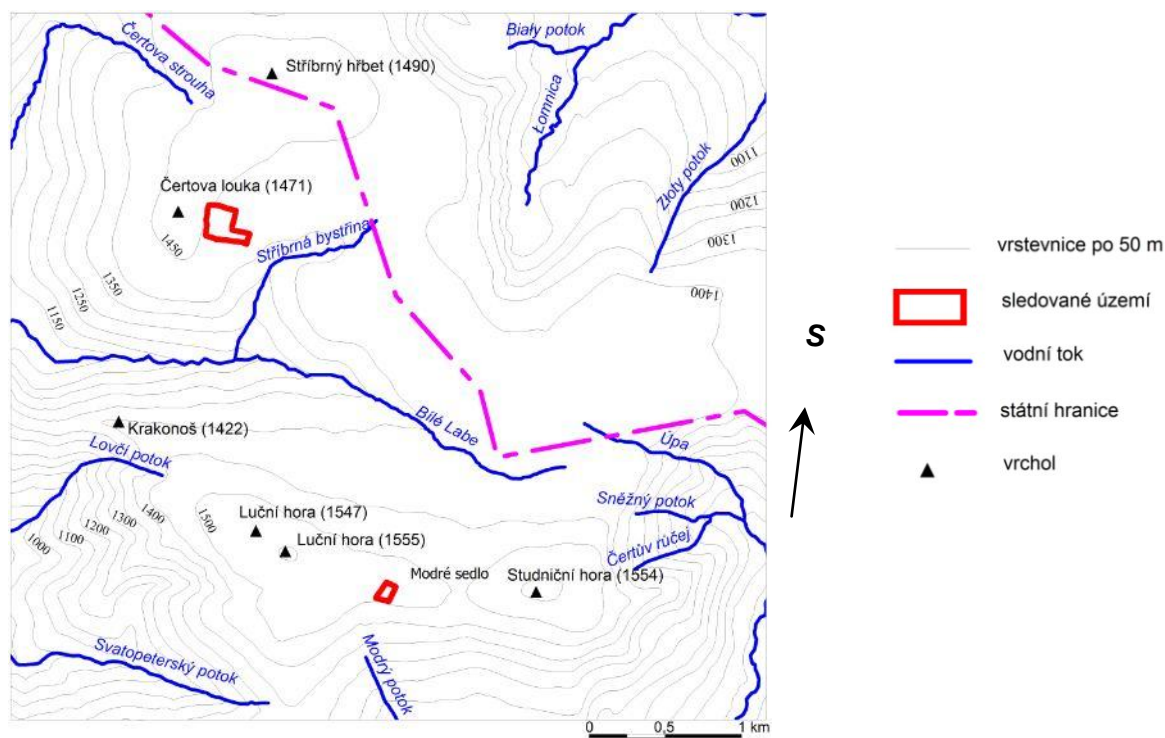
Včetně polské části se pohoří Krkonoše rozkládá na 631 km², z toho je 454 km² na území ČR a 177 km² v Polsku (Král, Svoboda 1983) a jedná se o třetí nejvyšší pohoří ve střední Evropě. Zájmové území se nachází ve východních Krkonoších nad alpínskou hranicí lesa (AHL). Rozkládá se ve vrcholových partiích v oblasti rozsáhlého zarovnaného povrchu (o rozloze 7,3 km²), který tvoří Čertova louka, Bílá louka a Równia pod Snieżką (Migoń, Pilous 2007; Mapa 1). Území se je řazeno do podcelku – Krkonošské hřbety, tvořící dvě rovnoběžná pásma ve směru ZSZ -VJV (Balatka, Kalvoda 2006).

Území studované Čertovy louky se nachází na JV svahu Čertova hřbetu vystupujícího ze hřbetu Stříbrného. Ten je součástí k severu příkře spadajícímu hlavního pohraničního hřbetu Krkonoš (Král, Svoboda 1983, Walczak 1968). Modré sedlo se náleží vedlejšímu českému hřbetu a tvoří sedlo mezi Luční a Studniční horou (Sýkora et al. 1983).

Studovaná lokalita na Čertově louce je orientována na J a rozkládá se ve výšce 1410 - 1450 m n. m. Horní část svahu dosahuje hřbetu a je tvořena skloněným svahem s mělkou nivační depresí při horním okraji a s rozsáhlou nivační depresí ve svém středu (foto 15; Tryzna 2009). Ve spodní části navazuje pramenná oblast Stříbrné bystřiny s mírným sklonem.

Studovaná oblast v Modrém sedle je orientována na JV a rozkládá se ve výšce 1505 – 1510 m n. m. Horní část je tvořena rovinatou hřbetovou partií, přechází přes terénní hranu ve svrchní část lavinového svahu Modrého dolu.

Obě lokality se nacházejí nad AHL (Tremel 2007, Štursa, Jeník a Váňa 2010) a její vliv tedy není pro obsah práce určující.



Mapa 1: Vymezení zájmového území (Tryzna 2011)

1.3. Úvod do problematiky

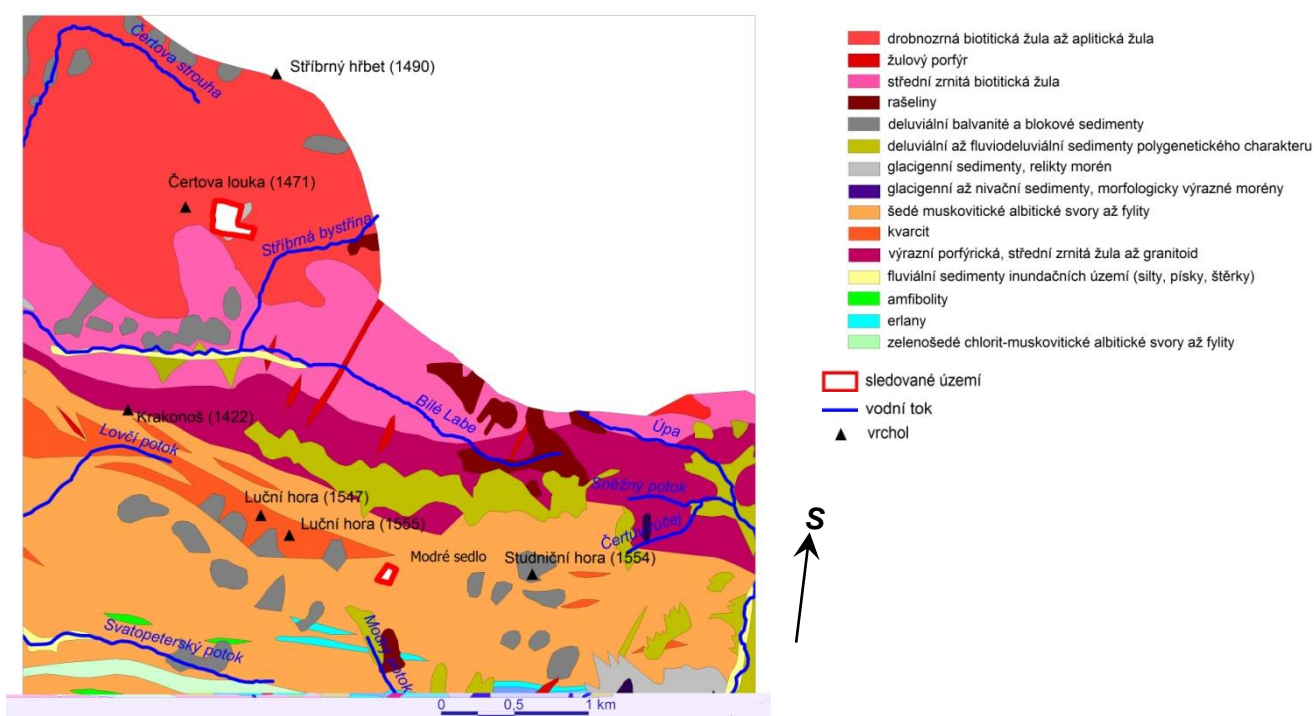
Tato práce navazuje na předchozí výzkum a pozorování ve sledovaných oblastech Čertovy louky a Modrého sedla. Sněhová pokrývka slouží jako tepelná izolační vrstva, zamezuje promrzání půdy, ovlivňuje počet regelačních cyklů, v době tání zvlhčuje půdu. Vlivem působení A-O systému údolí Bílého Labe slouží Čertova louka s výraznou nivační depresí ve svém středu, jako významná akumulací oblast sněhové pokrývky (Jeník 1961). Tento systém také ovlivňuje ukládání sněhu v subhorizontálním reliéfu Modrého sedla, to je z jihovýchodu ohraničeno morfologicky významnou terénní hranou (Vrba 1964). Pod touto hranou se nachází výrazná nivační deprese, která slouží jako akumulací oblast a přechází v lavinový svah Modrého dolu. Obě oblasti jsou předmětem výzkumu i vzhledem k hojnému výskytu specifických reliktních i recentních periglaciálních tvarů (Sekyra 1964; Tremel, Křížek, Engel 2005). Vlivem sněhových poměrů na rozmístění a aktivitu těchto periglaciálních tvarů v dané oblasti se zabývala Janásková (2006), pohybem putujících kamenných bloků na Čertově louce Kadlečík (2007) a za pozdější období Horáčková (2012), která dříve i zhodnotila vývoj sněhových poměrů na těchto lokalitách (2009). Výsledky této práce přispívají k zpřesnění významu sněhové pokrývky na pohyb putujících bloků na Čertově louce a vymrzajících úlomků na Modrém sedle, vlivu klečových porostů při ukládání a

odtávání sněhové pokrývky, vlivu exponovaných a závětrných ploch, i celkové variability sněhové pokrývky na vrcholových partiích Krkonoš.

2. FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

2. 1. Geologická charakteristika

Krkonoše jsou tvořeny dvěma hlavními geologickými jednotkami: krkonošsko-jizerské krystalinikum a krkonošsko-jizerský pluton, na těchto oblastech se také nacházejí obě studované lokality (mapa 2). Další tři nesouvislé jednotky jsou: podkrkonošský permokarbon, kvartérní sedimenty a ojediněle se vyskytující terciérní vulkanity (Plamínek 2007).



Mapa 2: Geologická mapa sledované části Krkonoš (Tryzna 2011)

Studovaná lokalita Čertovy louky náleží k hraničnímu hřbetu Krkonoš, tvořeného rozsáhlým tělesem granitoidů (žulový pluton), které pronikly do hornin krkonošsko-jizerského krystalinika ve spodním karbonu (Plamínek 2007). Krkonošská žula je prostoupena systémem puklin, které se podle Cloosova označení (1925) nazývají Q-pukliny (SV-JZ) a k nim kolmé S-pukliny (SZ-JV), tyto pak podmiňují charakteristický kvádrový rozpad (Libalová 1964), který můžeme pozorovat v podobě putujících kamenných bloků na Čertově louce. Výrazné trhliny SV směru jsou často vyplněny žilami amplitů, žulových porfýrů, pegmatitu a křemene, některé zasahují i do krystalických břidel např. do východního svahu Studniční hory (Chaloupský 1983). Čertova louka je tvořena středně stejnoměrně zrnitou

biotickou žulou, která je pozvolným ubýváním biotity a přibýváním podílu křemene propojena s drobnozrnnou žulou, tvořící hraniční hřbet Krkonoš (Líbalová 1964).

Modré sedlo se rozkládá na morfologicky nejvýraznějším vnitřním českém hřbetu Krkonoš, který náleží nejstarší část pohoří a je tvořen krystalickými břidlicemi krkonošsko-jizerského krystalinika, skládajících se ze staropaleozoických a z části i proterozoických sedimentů a vyvřelin, které byly přeměněny dlouhodobým působením horotvorných tlaků, zvýšených teplot a prostupujících hlubinných tavenin, roztoků a plyných emanací, kdy metamorfními procesy získaly horniny výraznou břidličnatou stavbu a i nové minerální složení v průběhu překrystalizování (Chaloupský 1969, Plamínek 2007). Metamorfóza těchto hornin byla produktem grenvillského, kadomského, mladkokaledonského a variského vrásnění (Chaloupský 1989). Od žulového plutonu je krystalinikum odděleno pásmem odolných kontaktních rohovců v šířce až 1,5 km (Chaloupský 1983). Nejrošířenější proterozoickou krystalickou břidlicí v Krkonoších je svor, výrazně břidličnatá hornina šedé nebo nazelenalé barvy, složená z křemene (kvarcitu), světlé slídy (muskovitu) a chloritu, vzácněji i granátu, která se vyskytuje na skalních výchozech nebo rozpadlá v balvanitých sutích na Kozích hřbetech a Luční hoře (Plamínek 2007). Modré sedlo je tvořeno metamorfovanými šedými muskovitickými albitickými svory až fylity, které obsahují charakteristické minerály – biotit, kordierit, andalusium (Líbalová 1964) a vytváření v této lokalitě rozsáhlé kamenné moře.

Méně zastoupené jsou ortoruly, které se vzhledem a složením podobají žulám a pokrývají v podobě balvanité sutě svahy i vrchol Černé hory (Chlupáč et al. 2002).

2. 2. Reliéf

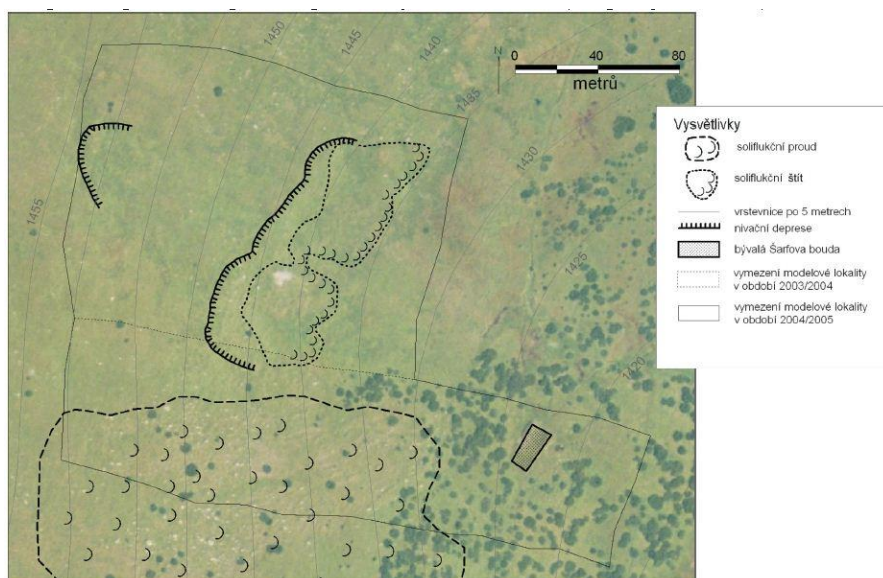
Geomorfologický vývoj a modelaci lze sledovat od počátku kenozoika, nejstarším reliéfovou formou jsou zbytky palogenní paroviny (tzv. zarovnané povrchy) (Mignoň, Pilous 2007). V třetihorách v období rozlámání zemské kůry České vysočiny, došlo k postupnému výzdvihu Krkonoš do dnešní výšky a to také podmínilo zesílení říční eroze a vytváření hlubokých říčních údolí Úpy, Labe, Jizery a jejich přítoků (Král et al. 1983). Došlo k odplavení měkčích hornin včetně žuly a tvrdší kontaktní rohovce tak zůstaly vyvýšeny (Králík, Sekyra 1969).

Zásadním modelovacím činitelem reliéfu Krkonoš bylo období pleistocénu (glaciál). Na české straně Krkonoš se nachází osm údolních systému modelovaných ledovci, trvalými sněhovými, nebo firnovými poli (Šebesta-Tremel 1976). Poblíž studované lokality se

nacházely ledovce v údolí Úpy, Dlouhého dolu, Dolu Bílého Labe, na polské straně pak v údolích Lomnice a Lomničky (Engel 2003). Tyto ledovce byly vyživovány sněhem z rozsáhlých plošin Bílé louky za přispění převládajícího západního proudění (Partch 1894). Ústup ledovců a tedy i poslední etapy zalednění probíhal v Obřím a Labském dole mezi $(23,2 \pm 2,8)$ (^{10}Be) ka a $(8,0 \pm 1,5)$ (^{10}Be) ka (Mercier et al. 2002). Ledovcová modelace v Krkonoších zanechala kary (v Krkonoších nazývané jámy) např. Kotelní jámy; ledovcová údolí (trog) např. Obří a Labský důl, kde se také dochovaly zbytky čelních i bočních morén (Král 1983).

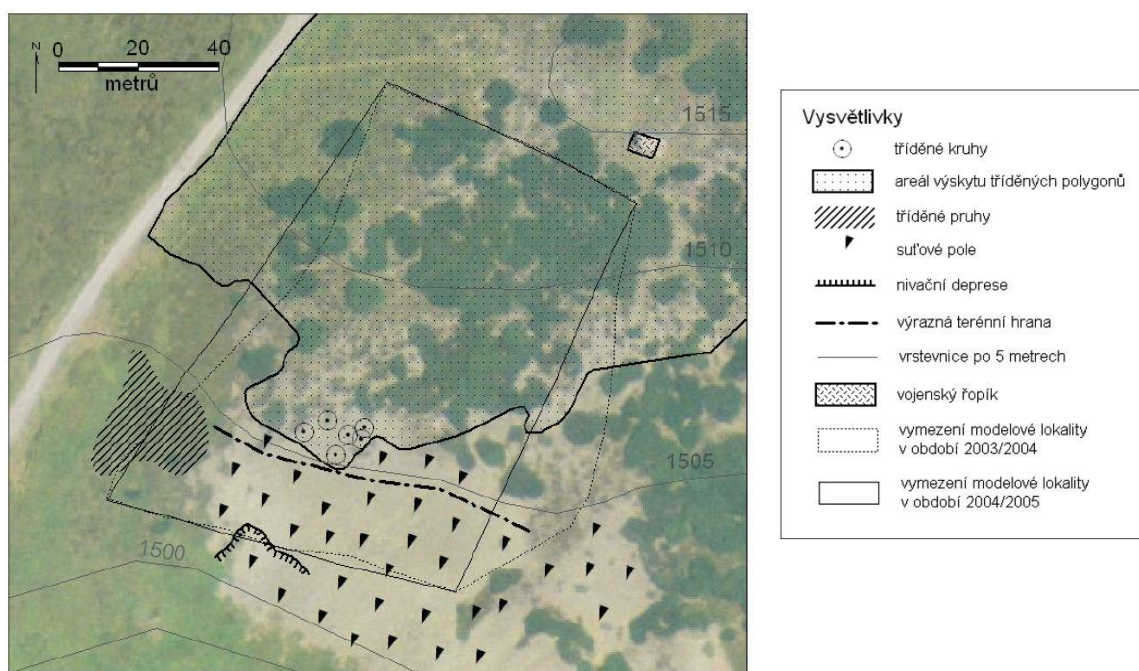
Důkazem působení klimatu obdobnému polárním oblastem je výskyt periglaciálních jevů v oblasti extraglaciálního povrchu hřbetových partií Krkonoš, kde se nejvíce projevilo působení ledu, mrazu a regelačních procesů (Sekyra 1960). Vyskytují se zde izolované skalní útvary – tory, mrazové sruby, skalní stupně (Bartošíková 1973), kamenná moře, kryoplaneční terasy, soliflukční tvary jako blokové proudy, soliflukční laloky, soliflukční stupně, soliflukční pokryvy; skalní ledovce, pasivní morény – protalus ramparts, putující bloky, nivační deprese, nivační valy (Křížek, Treml, Engel 2007). Ze strukturních půd zde nalezneme tříděné polygony, tříděné sítě, tříděné kruhy, netříděné pruhy, rašelinné kopečky – pounus, a vymrzající úlomky (Treml, Křížek, Engel 2005).

Tříděné polygony vyskytující se na Čertově louce mají blíže k tříděným sítím a dominuje zde kruhový tvar (Kadlečík 2007). Studovaná lokalita Čertovy louky je dále významná výskytem putujících bloků. Na horním okraji lokality a v jejím středu se nachází nivační deprese, kdy pod rozsáhlejší centrální depresí je vytvořen soliflukční štít. Na jižním okraji lokality se nachází výrazný soliflukční proud (Kadlečík 2007, Horáčková 2012, obr. 1).



Obrázek 1: Geomorfologické schéma lokality Čertova louka (bez putujících bloků) (Janásková 2005)

Studovaná lokalita Modrého sedla je vlivem častých regelačních cyklů charakteristická výskytem mrazových půdních forem – tříděných kruhů, tříděných pruhů, tříděných polygonů (Tremel, Křížek, Engel 2005, obr. 2). Vyskytuje se zde také rozsáhlé kamenné moře (suťové pole), které tvoří terénní hranu sedla. Projevem současné kryogenní aktivity jsou vymrzající úlomky, které jsou situovány v oblasti vyfoukávané terénní hrany (Tremel, Křížek, Engel 2005).



Obrázek 2: Geomorfologické schéma lokality Modré sedlo (Janásková 2005)

Holocénní klimatické výkyvy již neovlivnily průběh geomorfologických procesů a charakter zvětrávání hornin (Kociánová, Jankovská, Štursová 2010). V současné době se nejvýznamněji na utváření povrchu podílí vodní eroze (povodně), svahové procesy – mury (Pilous 1973) a řícení skal – kužely, haldy a osypy (Král et al. 1983), méně pak nivální nebo sněhová eroze (Šebesta, Tremel 1976, Šebesta 1978).

2. 3. Půdní charakteristika

V Krkonoších je výrazně vyvinuta výšková (vertikální) půdní stupňovitost od podhorských až po vysokohorské půdy, nalézají se zde také subarktická vrchoviště převážně reliktního charakteru (Tomášek, Zuska 1983).

Studovaná lokalita Čertovy louky zahrnuje řadu půdních typů. Vrchní část je tvořena podzolovými půdami horských poloh (horské modální podzoly až drnové horské modální podzoly) na půdotvorném substrátu zvětralých žul (Pelíšek 1974). Jsou velmi silně kyselé, vlhčí, středně hluboké až mělké, kamenité, sorpčně výrazně až extrémě nenasycené, slabě zásobené živinami, se značnými zásobami nepříznivých forem humusu. Fyzikální a hydrické vlastnosti jsou poměrně dobré, limitované nízkými teplotami (Podrázský, Vacek, Mikeska, Boček, Hejčman 2007). Silná propustnost propustnost je někdy snižována výskytem železem tmeleného obohaceného horizontu – orštejnu (Tomášek, Zuska 1983). Tato stanoviště se vyznačují velmi špatnými růstovými půdními podmínkami v důsledku špatného půdního chemismu a extrémních abiotických podmínek. V tomto důsledku je svah pokryt především pokryvem smilky tuhé, nebo skupinami klečových porostů (Pelíšek 1974). Podzolové půdy v nižších částech lokality, v pramenné oblasti Stříbrné bystřiny, střídají oglejené až glejové půdy (gleje). Tyto půdy jsou charakteristické stálým přebytkem vody způsobujícím výrazný nedostatek vzduchu a intenzivní redukční a anaerobní procesy. Jedná se o půdy kyselé až silně kyselé s menšími zásobami kyselého a nekvalitního humusu, přístupných minerálních živin a přístupných forem dusíku. (Pelíšek 1974). V nejnižší části studované lokality Čertova louka se nacházejí vrchoviště. Jedná se o organozemě (rašelinné půdy) s charakteristickým výrazným (přes 50 cm) humusovým horizontem T. Vyznačují se výraznou akumulací slabě rozložených organických látek v důsledku nízké teploty, zamokření, silné kyselosti, oligotrofnosti prostředí nebo kombinací těchto faktorů (Podrázský, Vacek, Mikeska, Boček, Hejčman 2007).

Studovaná lokalita Modrého sedla je tvořena rankery. Půdotvorný substrát tvoří hrubé zvětraliny odolnějších typů hornin (např. křemence). V důsledku vysušení na exponovaných terénních tvarech, postrádá souvislý vegetační pokryv (Tomášek, Zuska 1983). Charakteristický je nesouvislý humusový horizont, tvořený vrstvou organické hmoty na povrchu půdy a výplň mezi hrubým štěrkem, kamením a bloky hornin, kdy jemnější minerální částice jsou zastoupeny pouze ve formě příměsí. Nepříznivé sorpční vlastnosti, doplňuje slabě až silně kyselá půdní reakce, spolu s nízkými zásobami rostlinných živin (Pelíšek 1974). Půdní kryt proto tvoří alpinská společenstva spolu s ostrůvkovitými formacemi klečových porostů. V blízkosti terénní hrany přechází pokryv šterkovité až balvanité sutě (Tomášek, Zuska 1983). Nevyskytuje se zde permafrost, dochází již pouze k sezónnímu promrzání (Tremel, Křížek, Engel 2003).

2. 4. Klimatická charakteristika

Podle studie Quitta patří většina území Krkonoš do chladného klimatu (CH), nejvyšší partie včetně studovaných lokalit na Čertově louce a v Modrém sedle pak do nejchladnější klimatické oblasti CH4 (Metelka, Mrkvica, Halášová 2007). Podle hodnot Končeka faktorů řadíme území Krkonošského národního parku (KRNAP) do chladné oblasti dělené na tři okresky: mírně chladný (C1), chladný (C2) a studený (C3). Okresek C3 zabírá centrální vrcholovou část Krkonoš, včetně zarovnaných povrchů (Hladný, Sýkora 1983). Charakteristické pro CH4 je velmi krátké, chladné a vlhké léto; velmi dlouhá a chladná přechodná období; velmi dlouhá (Metelka, Mrkvica, Halášová 2007), velmi chladná, vlhká zima s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky (Coufal, Šebek 1969) – Sněžka za období 1991 – 2001 v průměru 198,7 dní (Głowicky 2005). Další charakteristiky CH4: Počet zamračených dní 130 – 150, počet jasných dnů 30 – 40, srážkový úhrn ve vegetačním období (mm) 600 – 700, srážkový úhrn v zimním období (mm) 400 – 500, průměrná teplota v lednu -6 až -7 °C, průměrná teplota v červenci 12 až 14 °C, průměrná teplota v dubnu 2 až 4 °C, průměrná teplota v říjnu 4 až 5 °C, průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více 120 – 140, průměrný počet dnů se sněhem 140 – 160 (Hladný, Sýkora 1983).

Bezprostředním regulátorem termického režimu a základním bioklimatickým prvkem je sluneční svit a oblačnost. Jde o značně proměnlivé prvky, které působí proti sobě. Důvodem je zahřívání zemského povrchu v průběhu dne a vznik konvekce, jejímž následkem je rychlé tvoření oblaků (Hladný, Sýkora 1983). Největší oblačnost se všeobecně vyskytuje v listopadu a v prosinci, nejmenší zpravidla v září (Coufal, Šebek 1969). Roční množství slunečního svitu dosahuje maxima v květnu a minimum nastává v prosinci. Doba slunečního svitu závisí na tom, není-li sluneční svit omezován překážkami nad horizontem; na studovaných lokalitách se průměrná doba slunečního svitu pohybuje okolo 1600 hodin (Hladný, Sýkora 1983). S oblačností i délkou slunečního svitu souvisí i příkon globálního slunečního záření k povrchu, který se v Krkonoších pohybuje od 70 – 80 MJ/m² v zimním období, k 510 – 530 MJ/m² v období letním. Celkový roční příkon globálního slunečního záření v Krkonoších je 3 500 – 3 600 MJ/m² (Metelka, Mrkvica, Halášová 2007).

Na reliéf krkonošského masivu se váže tzv. orografická oblačnost, která nabývá různých forem. Na návětrné straně pohoří tvoří oblaka, která zahalují horské hřebety a ihned za nimi se rozpouštějí. Ze závětrné strany se jeví tato oblačnost jako tzv. fénová zeď (Hladný, Sýkora 1983). Při vzdušném proudění napříč přes horské hřebety vzniká vlnová oblačnost, která se objevuje v pravidelných vzdálenostech, jak nad pohořím, tak i za ním (Halásková, Hačarová, Vašková 2007). Výskyt častých zimních teplotních inverzí je dán

reliéfem krkonošského masivu, kdy jsou údolní polohy zaplaveny studeným vzduchem s častými mlhami, zatímco ve vyšších polohách je teplé a slunečné počasí (Hladný, Sýkora 1983). V souvislosti s ročním chodem vertikální stability vzduchu je změna teploty v závislosti na nadmořské výšce výraznější v létě než v zimě. V zimním období je vzduch stabilněji zvrstven a jeho teplota s nadmořskou výškou klesá pomaleji, naopak v letním období vlivem labilnějšího zvrstvení vzduchu je pokles výraznější. Průměrná teplota v zájmovém území je 5 °C (Halásková, Hačarová, Vašková 2007), na Sněžce pak 0,2 °C (Coufal, Šebek 1983). Na růst vegetace má rozhodující vliv teplota 10 °C, která ohraničuje vegetační období (Hladný, Sýkora 1983).

Na množství a rozložení srážek má velký vliv nadmořská výška, orientace údolí a expozice svahů (Hladný, Sýkora 1983). Stanice u Luční boudy registruje vlivem převládajícího západního proudění nižší množství srážek než západněji položené stanice. Nejvyšší úhrny srážek jsou v červenci a prosinci, tyto jsou vyvolány častými srážkovými přívaly doprovázenými bourkami, a nejnižší naopak v dubnu a září, či říjnu (Hladný, Sýkora 1983). Nejvyšší denní úhrn srážek v Krkonoších byl naměřen na účelové stanici KRNAP na Studniční hoře a to 6. 7. 1997 a to 261 mm (Halásková, Hačarová, Vašková 2007).

Krkonoše tvoří spolu se západněji položenými Jizerskými horami jednotný geomorfologický celek, který výrazně ovlivňuje vzdušné proudění (Halásková, Hačarová, Vašková 2007). Jsou zde relativně výraznější podmínky pro vznik návětrných a závětrných prostorů, pro obtékání horských překážek jak uvnitř, tak vně masivu. Dochází k významné turbulentní výměně vzduchu, podmíněná kotlinovými tvary a údolími; vynášení zahřátých vzduchových hmot z okolní krajiny na hřebety Krkonoš, které jsou příčinou zvýšené oblačnosti (Halásková, Hačarová, Vašková 2007). V dlouhodobém průměru vykazují krkonošské stanice převládající proudění ze západního a jihozápadního kvadrantu (Coufal, Šebek 1983). Všeobecně platí, že rychlost větru s nadmořskou výškou a zmenšujícím tření stoupá a nastává také pokles četnosti bezvětrí. Průměrná rychlost větru na Sněžce dosahuje 12,2 m/s, v extrémních událostech mohou maximální rychlosti větru ve vrcholových partiích Krkonoš dosahovat až 60 m/s (Metelka, Mrkvia, Halásová 2007).

Tok vzduchových hmot, proudících ze západního kvadrantu, je usměrňován orientací planin a říčních údolí a vytváří tak A-O systém (Jeník 1961). V Krkonoších se jedná o tzv. dokonalý anemoorografický systém s vodícím návětrným údolím Mumlavy a Bílého Labe, kde dochází vlivem zúženého profilu údolí k zvýšení rychlosti větru nad vrcholovou částí (Labská, Bílá a Pančavská louka), a vytvoření turbulentního prostoru na závětrné straně, která bývá často modelována kary a karoidy (Jeník 1961, Štursa et al. 1973).

2. 5. Hydrologická charakteristika

Krkonoše hrají důležitou vodohospodářskou úlohu v povodí Labe, neboť jsou významnou pramennou oblastí, která svou vodnatostí ovlivňuje režim průtoku v horním i středním průtoku Labe v Čechách. Pramení tu kromě Labe (řeka I. Řádu) i další jeho přítoky (pět toků II. řádu a tři III. řádu). Jsou zde časté průtokové extrémy, tj. geneze povodňových vln nebo průtokovým poklesům (Fanta 1969). Studovaná lokalita Čertovy louky je odvodňována Stříbrnou bystřinou (řeka III. řádu) a náleží do povodí Bílého Labe. Studovaná lokalita Modrého sedla je odvodňována Modrým potokem (řeka III. řádu) a nachází se v těsné blízkosti geografického rozvodí povodí Úpy (kterému náleží) a povodí Bílého Labe.

Retence ve vyšší míře probíhá pouze v rašelinných jezírkách (Hladný, Sýkora 1983), ta se nacházejí i na Čertově louce. Charakteristické jsou krátké toky s příkrými spády, strmou sklonitostí povodí a malou retenční schopností matečných hornin např. Stříbrná bystřina (Halásková, Hačarová, Vašková 2007). Eroze dna převyšuje nad akumulací (Hančarová, Krzysztof 2007). Výkyvy ve vodnosti toku jsou výrazné a náhlé, vyvolané zejména přívalovými dešti a dochází ke vzniku nátrží, výmolů, vytváření strží a transportu značného množství splavenin (Hladný, Sýkora 1983). K nejvyšším průtokům dochází v dubnu a květnu vlivem tání sněhu, v letním období vlivem srážkových přívalů a v prosinci kombinací srážek a tání. Minimální průtoky jsou zaznamenávány v lednu a únoru a sekundárně v září (Hladný, Sýkora 1983). Největší povodeň postihla Krkonoše v roce 1897, s maximem průtoku nad dobou opakování 100 let. Ve sledovaném období (počátek června 2013) zasáhla lokální přívalová povodeň povodí Malé Úpy (Halásková, Hačarová, Vašková 2007).

V pramenných oblastech Krkonoš vytvářejí toky (na lokalitě Čertova louka jde o Stříbrnou bystřinu) sekvence okrouhlých vodních tůní a krátkých spojujících koryt tzv. polygeneticky vzniklé horské růžencové toky. Tyto se začaly utvářet v období subatlantiku a jsou čitelným příkladem složitých protikladů disturbančních a stabilizačních procesů (Štursa et al. 2012).

2. 6. Živá příroda Krkonoš

Zkoumané území obou lokalit se nachází nad AHL v subalpínském stupni, který ve vrcholových partiích Luční a studniční hory přechází ve stupeň alpský. Rozkládá se tedy v klečovém vegetačním stupni, který sahá do výšky přibližně 1500 m n. m., kde přechází do alpských holí (Šourek 1969).

Na lokalitě Čertovy louky se hojně vyskytuje borovice horská kleč, kosodřevina (*Pinus mugo subsp. pumilio*), která zde v nižších partiích tvoří souvislý pás, který postupně přechází v separované shluky. Kosodřevina dosahuje výšky 1 až 2 metry. Keře se obnovují převážně vegetativní cestou, zakořeňováním k zemi přiléhajících větví. V podrostu klečí jsou některé význačné reliktní druhy rostlin, jako rašeliník Lindbergův (*Sphagnum lindbergi*), nebo ostružník moruška (*Rubus chamaemorus*). Na minerálním podkladu zde rostou travní společenstva s dominantní smilkou tuhou (*Nardus striga*) (Šourek 1969).

Hřbetové partie Modrého sedla jsou pokryty souvislou vrstvou kleče, ze které vystupují travní ostrůvky smilky tuhé, sítiny trojklané (*Juncus trifidus*), rozrazilem chudobkovitým (*Veronica bellidioides*), bikou klasnatou (*Luzula spicata*) a jestřábníkem černým (*Hieracium nigritum*), a keřové ostrůvky porostlé brusnicí borůvkou a brusnicí brusinkou (*Vaccinium myrtillus* a *V. vitisidaea*) (Šourek 1969). Do Modrého dolu se ze sedla svažuje kamenné moře, s vysokohorskými mechorosty např. štěrbovka mdlá (*Kiaeria falcata*), které jsou spolu s lišejníky (*Thamnolia vermicularis* a *Rhizocarpon geographicum*) prvním článkem sukcese na těchto sutích (Pilous 1969).

Ze zástupců fauny se na Čertově louce vyskytují, zástupci dvou druhů lidušek: liduška horská (*Anthus spinoleta*) a liduška luční (*Anthus pratensis*), dále vrcholových planinách hnízdící skřivan polní (*Alauda arvensis*) (Černý, Doskočil 1969). Z dravců pravidelně navštěvuje horské louky poštolka (*Falco tinnunculus*), přilákaná hraboši polními (*Microtus arvalis*), je také prokázán výskyt dřemlíka tundrového (*Falco columbaris*) (W. Černý, Doskočil 1969). Porosty nad horní hranicí lesa je biotopem tetřeva (*Tetrao urogallus*) a tetřívka (*Lyrurus tetrix*) (Černý, Doskočil 1969). Z obojživelníků se zde vyskytuje skokan hnědý (*Rana temporaria*) a ještěrka živorodá (*Lacerta vivipara*) a z početné řady bezobratlých zmíníme pouze škůdce kleče: kůrovce (*Pitogenes chalcographus*), hřebuli ryšavou (*Neodiprion sertifer*) a bejlomorku (*Theodiplosis brachyntera*) (Černý, Doskočil 1969).

Modré sedlo již není z hlediska fauny tak druhově pestré, zvláště co se týče vyšších druhů zvířat. Skalní sutě obývá pěvuška podhorní (*Prunella collaris*), ještěrka živorodá, či výskytem unikátní druh pavouka *Gnaphosa lapponum* (Černý, Doskočil 1969). Hřbetové partie jsou biotopem tetřeva a tetřívka a opět se zde vyskytují škůdci kleče. (Černý, Doskočil 1969).

2. 7. Historie vlivu člověka na sledované lokality

Na obou lokalitách se hojně vyskytují společenstva klečových porostů, která byly dovezeny z Alp a intrudovány počátkem 18. století (Lokvenc 2007a) a nahradily tak krkonošský ekotyp smrku. V 19. století bylo v Krkonoších celkem 1621 bud, na Čertově louce se nacházela Šafrova bouda, jejíž pozůstatky jsou stále jasně patrné ve spodní části sledované lokality (obr. 1). Obhospodařované enklávy markantně snížily horní hranici lesa, z 1250 m n. m. až na 1000 m n. m. (Lokvenc 2007b). Na Modrém sedle je patrný zásah hraničního opevnění do této lokality v podobě vojenského řopíku (obr. 2) Razantní antropogenní vlivy se projeví i na zvířené, zejména na velkých ptácích a savcích.

Obě lokality se nacházejí v nejpřísněji chráněné I. zóně Krkonošského národního parku (KRNAP), který vznikl v roce 1963 a je ustanoven zákonem. Národní park se dělí do tří zón a ochranného pásma. Národní park slouží jako ochrana přirozených nebo lidskou činností málo ovlivněných ekosystémů (Vaněk, Sýkora, Pivoňka, Paľucki 2007). KRNAP je součástí řady typů mezinárodní ochrany a spolupráce (Flousek, Štursa 2007), uvedu však dvě nejvýznamnější. Roku 1992 byla zřízena biosférická rezervace Krkonoše/Karkonosze (včetně polské části) a zařazena do světové sítě biosférických rezervací UNESCO. Biosférické rezervace provádí ochranu genofondu, vědecký výzkum sledující využívání a zneužívání přírodních zdrojů, dochází k výměně informací v mezinárodním měřítku a výchově odborníků i veřejnosti s cílem ochrany přírody na celém světě (Petříková, Flousek, Raj 2007). Roku 1997 bylo Úpské rašeliniště zařazeno v seznamu světově významných mokřadů Ramsarské dohody (Vaněk, Sýkora, Pivoňka, Paľucki 2007).

3. SNĚHOVÉ PODMÍNKY V KRKONOŠÍCH

3. 1. Význam sněhových srážek a sněhové pokrývky

Sníh patří k nejvýznamnějším faktorům krkonošské přírody, když ovlivňuje nejen geomorfologické utváření krkonošského povrchu, ale i krkonošskou vegetaci a život lidí. Projevuje se i jako důležitý faktor lesního hospodářství a má velký vodohospodářský význam i pro ostatní oblasti (Hladný, Sýkora 1983).

Význam sněhové pokrývky lze rozdělit do několika základních vlivů (Tryzna 2011). Vzhledem k vysokému albedu a malé teplené vodivosti ovlivňuje sněhová pokrývka místní klima (Marchand 1982; Coufal, Šebek 1969). Z hlediska hydrologického je sníh významný

jako zdroj podzemních a povrchových vod, a vodnosti toků v zimních měsících (viz. hydrologie) (Singh P, Singh V. P.; Hladný, Sýkora 1983). Sněhová pokrývka se také podílí na utváření reliéfu, a to pasivním i aktivním způsobem (eg French 2007; Trembl, Krížek, Engel 2005). Sníh dále brání rychlému rozvoji vegetace v jarních měsících, čímž zmírňuje nebezpečí umrznutí rostlin při jarních mrazících. Dostatečná a stálá sněhová pokrývka zabraňuje většímu promrznutí půdy a tím i úhynu edafonu (Körner 2003; Šourek 1969). Zároveň také přispívá k zachování endemických druhů specializovaných pro alpské horské klima (Černý, Doskočil 1969) a také k snižování AHL (Trembl 2007). Z botanického hlediska pozitivní funkci na vegetaci mají laviny, které přispívají k udržení biodiverzity prostředí (Körner 2003; Vrba, Spusta 1975). V neposlední řadě má sníh dopady v oblasti ekonomické např. v důsledku škod v lesním hospodářství, nebezpečí povodní, či stimulace sezónního turistického ruchu (M. ČIHÁŘ, V. TŘEBICKÝ 2000).

3. 2. Historie výzkumu sněhové pokrývky

První obecné zákonitosti rozložení sněhové pokrývky charakterizoval již roku 1884 Partsch. Ve své práci uvádí, že mocnost sněhové pokrývky je v Krkonoších závislá především na větrném proudění a morfologii reliéfu. Sedimentaci sněhu ovlivňuje větrné proudění v době sněžení, ale dochází i k jeho druhotnému převívání do závětrných prostor.

Převládající západním prouděním vzduchových hmot, ukládání sněhové pokrývky a vliv orientace vedoucích údolí Krkonoš přecházejících v zarovnané povrchy podrobně popsal Jeník (1961) ve své teorii anemo-orografických systémů (A-O systémy). Ve své studii uvádí, že k přesunům sněhu vlivem větru dochází ve vrcholových partiích Krkonoš takřka neustále a vztah k lokálním větrům je tedy mnohem důležitější než expozice přímého slunečního záření. Jako důkaz je vybráno rozložení sněhových polí na jaře. V západní části Krkonoš tuto teorii aplikoval a rozvinul Štursa et al. (1973) na A-O systému Mumlavy.

Dlouho ležící sněhová pole výrazně ovlivňují reliéf, půdní složení, biologickou diverzitu, místní klima, hydrologické charakteristiky a je jim tedy věnována řada výzkumných prací.

Na české straně Krkonoš zkoumali sněhová pole Šebesta a Trembl (1976) a následně sám Šebesta (1978). Podávají přehledný soupis, stručnou charakteristiku a faktory rozmístění sněhových polí např. na Bílé louce v zářezu Bílého Labe, na kryoplančních terasách Luční hory a v nivačních depresích Čertova návrší. Sněhové poměry oblasti východních Krkonoš zhodnotil také Harčarik (2007).

Nejznámějším a nejrozsáhlejším dlouho ležícím sněhovým polem v české části Krkonoš je tzv. Mapa republiky, vyskytující se v nivační depresi v horní části jižního svahu Modrého dolu. Lavinovou oblastí právě Modrého dolu se zabýval Vrba (1964), který poté rozšířil své studium o další lavinové svahy, a podílel se na vzniku prvního pravidelného zaznamenání lavinových událostí tzv. „lavinovém katastru“ Krkonoš (1969), následně spolupracoval se Spustou (1975 a 1991), kdy obsahem katastru byl výčet základního popisu a změn lavinových drah a spadlých lavin. V následujících výzkumech Spusty společně s Kociánovou a Spustou jun. (2003 a 2006) byla zařazena i data celkové charakteristiky sněhové situace a její srovnání s klimatickými daty.

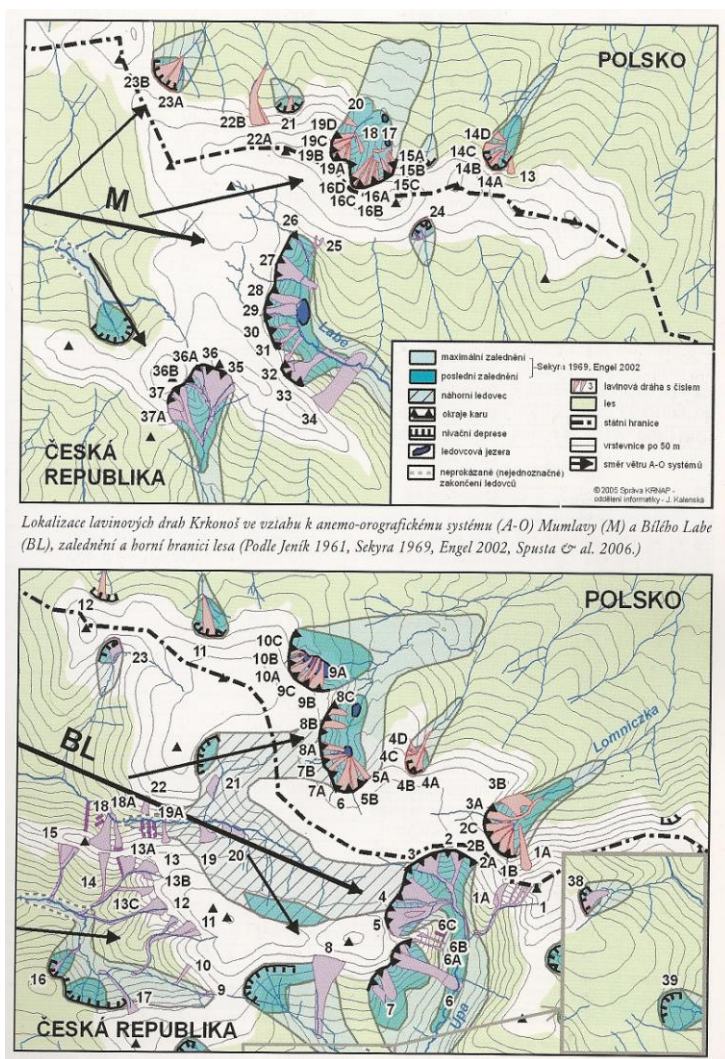
V Polsku problematiku rozmístění a geomorfologického působení sněhových polí zpracoval Klementowski (1975) a uvádí čtyři základní faktory ovlivňující dobu jejich uchování: množství akumulovaného sněhu, nadmořská výška, převažující typ ablace a expozice vůči slunci. Dále se v Polsku studiem sněhových poměrů se zaměřením na lyžařské podmínky na severním svahu Krkonoš zabývali Kwiatkowski a Lucerski (1979), kdy do své práce zahrnuli i vliv klečových porostů na dobu trvání sněhové pokrývky. Klimatem Krkonoš a jeho vlivem na sněhové poměry se věnoval Głowicky (2005).

Vlivem sněhové pokrývky v Krkonoších na mikroklima arkticko-alpínské tundry se ve své práci zabýval Harčarik (2002), jejich geomorfologickými projevy pak Margold (2007). Vztah sněhové pokrývky k periglaciálním tvarům studovala Kociánová et al. (2005), stejně jako následné jevy spojené s jejím odtáváním (2008).

3. 3. Rozmístění sněhové pokrývky

V rámci pravidelných meteorologických měření je výška sněhové pokrývky v Krkonoších sledována na několika stanicích. Ve vrcholových partiích hor jsou to stanice Labská bouda, Luční bouda a Sněžka. Na těchto stanicích se sníh ukládá po celé zimní období rovnoměrně (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a; Hladný, Sýkora 1983, Głowicky 2005). V průběhu zimy je sníh svíván z plošin a temen hor k okrajům údolních depresí, kde se na závětrných svazích vlivem turbulentního proudění větru ve formě vrstev a převějí, usazuje (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a). Převažující západní až severozápadní větrné proudění (umocněné A-O systémem) soustředí tyto akumulace nejvíce na svazích orientovaných k východu až jihovýchodu a vytváří tak podmínky pro zvýšený výskyt lavin na těchto svazích (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a).

Sněhovou lavina sněhový sesuv o délce nejméně 50 m a v Krkonoších vznikají na svazích o sklonu mezi 30° - 45° (Vrba 1964, Spusta, Brzeziński, Kociánová 2007). Na české straně Krkonoš je vymezeno 56 aktivních lavinových drah (v Polské části 51), které jsou soustředěny jen do vrcholové části nad AHL o délce 16 a šířce 6 km (Vrba, Spusta 1975, obr. 3). Ve východních Krkonoších je vzhledem k větší členitosti reliéfu i vyšší nadmořské výšce výskyt lavin častější. Lavinové dráhy poblíž sledovaných lokalit se nalézají v Obřím dole, Modrém dole, Dlouhém dole, v údolí Bílého Labe (Spusta, Brzeziński, Kociánová 2007). Převažují laviny s čárovým odtrhem (78 %), povrchové (90,5 %), suché, smíšené a tekoucí; v šířce odtrhové zóny v desítkách metrů a délce 500 m v průměru (Spusta, Brzeziński, Kociánová 2007). K sesuvům lavin dochází v Krkonoších po celou zimu; často v listopadu (první sníh), početnost vrcholí v únoru (sněhové vánice) a dost hojně i v březnu, při fénovém tání sněhu (Vrba 1969).



Obrázek 3: Lavinový katastr Krkonoš (Spusta, Brzeziński, Kociánová 2007)

Lavinová dráha Modrého sedla do Modrého dolu (lavinová dráha č. 8) se nachází ve východní skupině lavinových drah (Vrba, Spusta 1975). Jedná se o závětrný J svah, kdy je A-O systémem (Jeník 1961) přinášén sníh ze sledované lokality Čertovy louky (i Bílé louky a svahů Luční a Studniční hory), který zde v závětrí tvoří v extrémních podmínkách 10 - 15 m silnou sněhovou pokrývkou. V první polovině zimy dochází zpravidla k mohutnému plazení sněhu dolů po svahu (Vrba 1964). Laviny zde nejčastěji padají v druhé polovině zimy (laviny vlhkých a mokrých firnů, nebo upěchovaného prachového sněhu).

K zvýšené akumulaci sněhu dochází i v místech snížených částí reliéfu v pramenné části Čertovy strouhy a Čertova potoka, v nivační depresi na levém břehu Bílého Labe pod Luční boudou, ve svahové depresi na S svahu Luční hory a také na studované lokalitě Čertovy louky (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a).

3. 4. Mocnost a délka trvání sněhové pokrývky

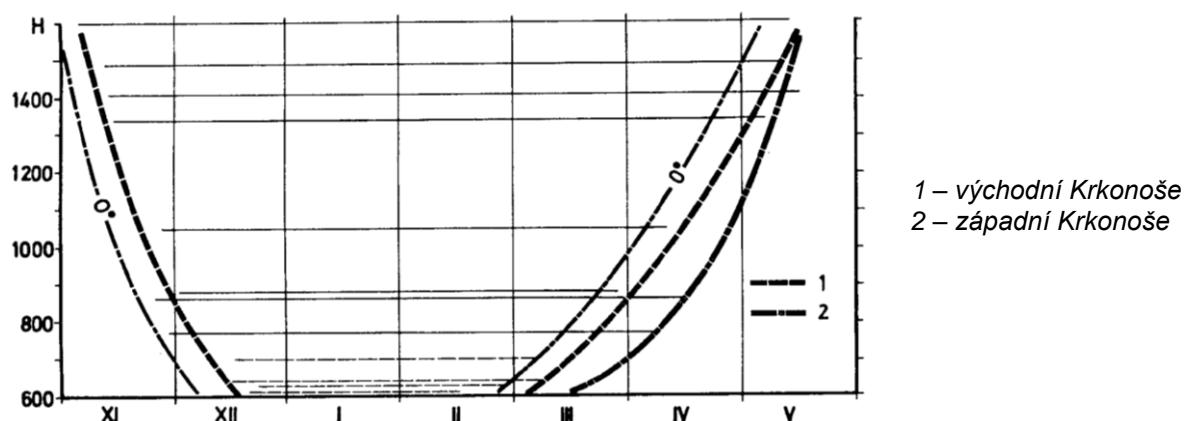
Maximální mocnosti dosahuje sněhová pokrývka v březnu před začátkem všeobecného tání (Coufal, Šebek 1969). Délka trvání sněhové pokrývky v Krkonoších závisí na několika faktorech: nadmořské výšce (graf 1), větrných poměrech, terénní predispozici, lavinové činnosti, oslunění, expozici a vegetaci (Šebesta 1978).

Vlivem výrazné transformace sněhu přes plošiny Bílé (i Labské) louky dosahuje sněhová pokrývka na těchto lokalitách 150 – 200 cm (Coufal, Šebek 1969). Nízká mocnost a silné oslunění způsobují výskyt souvislé sněhové pokrývky obvykle do půlky března (Coufal, Šebek 1969). Nejkratší období se souvislou sněhovou pokrývkou bylo zaznamenáno v zimní sezóně 1962/63 a to 104 dní, nejdelší pak v zimě 1974/75 a to 225 dní (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003b).

K zvýšené akumulaci sněhu v karech a k narůstání převějí a sněhových polštářů do velkých rozměrů dochází zvláště při intenzivních srážkách doprovázených bouřlivým větrem o rychlosti 90 km/h a více (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003b). V místech nejvyšších mocností sněhové pokrývky se v Krkonoších tvoří tzv. sněhová pole (Šebesta 1978; Kwiatkowski, Lucerski 1979). Jedná se o zbytky souvislé sněhové pokrývky, které zůstávají ležet dlouho do jara až léta (Šebesta 1978). V Krkonoších rozeznáváme pole – každoroční, občasné a nepravidelně se vyskytující (lavinové muldy) (Šebesta 1978). Mezi každoroční a sněhová pole většího rozsahu s výskytem do července i déle, patří „Mapa republiky“ na lavinovém svahu v Modrém dole. Vzhledem k velké akumulaci sněhu v průběhu zimy (8-15 m), zůstává každoročně na lavinovém svahu firnovisko i přes jižní

expozici a maximální oslunění. V roce 1983 přetrvalo až do zimy (Vrba 1964; Šebesta 1978, Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a). Dalšími sněhovými poli v okolí sledovaných lokalit jsou „Sněhový most“ v erozním zářezu Úpské hrany (mocnost v zimě 20-30 m) a další převislá sněhová pole na Úpské hraně (v zimě 6-10 m), sněhová pole v karových hranách Velké a Malé Studniční jámy (v zimě 5-8 m), údolí Bílého Labe a kryoplanačních teracář Luční a Studniční hory (v zimě 3-8 m) (Šebesta 1978; Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a). Na polské straně Krkonoš se dlouhotrvající sněhová pole nacházejí ve Sněžných jamách (v zimě 5-7 m), jamách Velkého a Malého Stavu a v karovém uzávěru údolí Lomničky (Kwiatkowski, Lucerski 1979).

Všechna tato dlouhotrvající (160-190 dní) sněhová pole se vyskytují nad AHL. Na otevřených nezastíněných svazích leží sněhová pole (120-140 dní) vždy nad hranicí 1200 m n. m. a v depresích sestupují až k 1000 m n. m. (Šebesta 1978, Kwiatkowski, Lucerski 1979; graf 1). Zvláštním případem se 198,7 dny sněhové pokrývky v průměru za období 1991-2001 zaujímá Sněžka. (Głowicky 2005).



Graf 1: Délka zimního období T_i (≤ 0 °C) a doby trvání sněhové pokrývky v hypsometrických zónách Krkonoš. (Kwiatkowski, Lucerski 1979)

Vlivem jižní expozice se neudrží sněhové pole na hraně Obřího dolu, nebo na jižním svahu Harrachových kamenů, ačkoliv se zde, v zimních měsících, tvoří mohutné převěje (9 až 12 m) (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003a).

Délku trvání sněhové pokrývky výrazně ovlivňuje i vegetace, zvláště lesy a kosodřevina, kdy v zalesněném regionu se sněhová pokrývka drží déle (o 20-60 dní) než v regionu nezalesněném (Kwiatkowski, Lucerski 1979).

4. POUŽITÉ METODY

4. 1. Monitorovací body

Území sledované oblasti Čertovy louky bylo od sezóny 2003/2004 vymezovalo 52 bodů, rozmístěných od sebe 20-25 m a vytvářely polygon o rozměrech 275 x 65 m protažený v S – J směru (Janásková 2005, obr. 4). Od sezóny 2004/2005 je přidáno 32 bodů ve vrchní části lokality, kde došlo k rozšíření o 135 m, aby byla pokryta větší oblast výskytu putujících bloků, celkem se nyní měří na 84 bodech.

Území sledované oblasti Modrého sedla bylo v sezóně 2003/2004 vymezovalo 74 bodů vzdálených od sebe cca 10-20 m. V následujícím zimním období byl počet bodů redukován na 57 s pravidelnou vzdáleností 15 m, při zachování rohových bodů (Janásková 2005, obr. 5), které zasahují od vrcholové klečové části až pod terénní hranu do akumulací lavinové oblasti (Tryzna 2011; mapa 1).

V závěru zimy je na obou lokalitách využíváno pomocných bodů k přesnému zaznamenání rozsahu a hloubky sněhových polí na studovaných lokalitách.

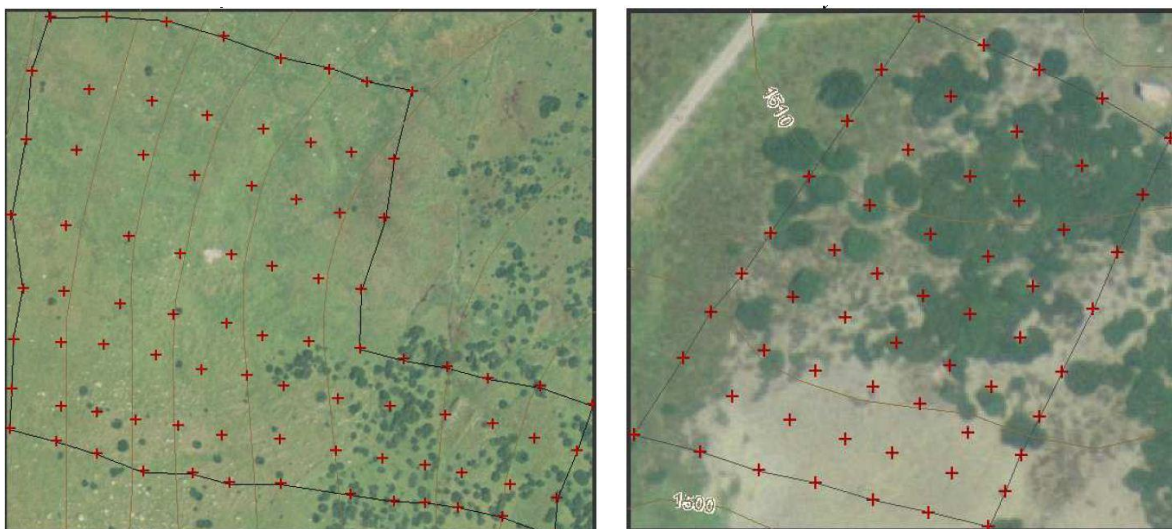
4. 2. metodika získávání dat

Zjišťování hodnot výšky sněhové pokrývky terénním měřením za pomoci přístroje GPS a lavinové sondy probíhá na obou lokalitách od zimy 2003/2004, od zimy 2005/2006 je ustálen počet měřených bodů na obou lokalitách: Čertova louka 84 a Modré sedlo 57 bodů (obr. 4 a 5). Měření prováděli pracovníci katedry (Engel, Křížek, Tremel) spolu se studenty - Janásková (2003/4-4/5), Horáčková (8/9) a Tryzna (10/11-12/13). První měření probíhají po ustálení výšky souvislé sněhové pokrývky nejčastěji v průběhu prosince (i listopadu). Následující měření byla prováděna v měsíčním intervalu, který mohl být vzhledem k aktuálním povětrnostním podmínkám upraven o několik dní (tabulka 11). V závěru zimy byl měřicí interval zkrácen na polovinu z důvodu přesnějšího zaznamenání odtávající sněhové pokrývky.

| sezóna/termín | první měření | poslední měření | poznámka |
|---------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| 2003/2004 | 22.1.2004 | 7.6.2004 | bez únorového měření |
| 2004/2005 | 26.11.2004 | 17.6.2005 | bez březnového měření |
| 2005/2006 | 17.6.2005 | 28.5.2006 | ustálená síť |
| 2006/2007 | 16.11.2005 | 11.5.2007 | druhé měření 22. 2. 2007 |

| | | | |
|-----------|------------|-----------|----------------------|
| 2007/2008 | 26.12.2007 | 20.6.2008 | bez lednového měření |
| 2008/2009 | 5.12.2008 | 10.6.2009 | |
| 2009/2010 | 8.1.2010 | 10.6.2010 | |
| 2010/2011 | 22.12.2010 | 29.5.2011 | |
| 2011/2012 | 17.12.2011 | 7.6.2012 | |
| 2012/2013 | 8.12.2012 | 13.5.2013 | |

Tabulka 1: První a poslední měření pro každý rok za celé sledované období 2003 – 2013



Obrázek 4 a 5: Rozmístění měřících bodů na Čertově louce a Modrém sedle (Horáčková 2009)

Celkem jsem od sezóny 2010/2011 do roku konce sezóny 2012/2013 provedl 28 měření výšky sněhové pokrývky včetně monitoringu odtávání a zaznamenání ukončení výskytu sněhové pokrývky na obou lokalitách.

4. 3. Metodika zpracování naměřených dat

Naměřená data pro každou lokalitu a termín měření jsem přepsal a uspořádal do databáze, ze kterých jsem následně vytvořil tabulky (1-10) a mapové výstupy (mapy 3-120). U mapových výstupů jsem, vzhledem k rozsahu naměřených hodnot, zvolil interval barevné stupnice 25 cm hodnoty výšky sněhové pokrývky. Pro možnost vizuálního porovnání jsem stupnici zvolil shodnou pro obě lokality. Tabulky jsou tvořeny údaji o termínu a příslušném maximu, minimu a průměrné výšce sněhové pokrývky. Průměrnou výšku sněhové pokrývky jsem spočítal jako aritmetický průměr výšky sněhové pokrývky na všech bodech vždy pro příslušné datum měření. Průměrné hodnoty maxima, minima a průměrné výšky jsem

vypočítal vždy pouze za období, kdy se na lokalitě vyskytovala sněhová pokrývka (u hodnot Modrého sedla).

Pro průměrnou výšku sněhové pokrývky jsem vytvořil dva grafy, které znázorňují nejvyšší a nejnižší hodnoty průměrné výšky sněhové pokrývky za každou sezónu sledovaného období (graf 2 a 5).

Při tvorbě mapových výstupů bylo využito metody nejbližšího souseda (*Natural neighbours*), která byla z dostupných interpolačních technik (*Triangulation with smoothing, IDW, Kriging, Rectangular a Custom Point Estimation*) nejpřesnější. Pro určení kvadratické chyby jsem vybral 9 (Čertova louka) a 7 (Modré sedlo) náhodně rozmístěných verifikačních bodů (cca 10 % z počtu bodů v dané lokalitě), na kterých jsem vypočítal kvadratickou chybu. Jako nejvhodnější, s nejmenší kvadratickou chybou, pro sledovaná území tedy vyšla metoda nejbližšího souseda (*Natural neighbours*) (Tryzna 2011). Metoda je založena na principu, že okolo každého hledaného bodu se vytvoří trojúhelník ze tří nejbližších naměřených hodnot (Delauneyovská triangulace, hledání konvexní obálky) a z těch se na základě vzdálenosti vypočítá hledaná hodnota (Štych et al. 2008). Tato metoda je vzhledem k pravidelnému rozmístění měřených bodů ve studovaných lokalitách velice efektivní (Štych et al. 2008). Vytvořil jsem mapový výstup pro každý termín i lokalitu, jedná se o grafického znázornění rozložení výšky sněhové pokrývky a jejího vývoje v průběhu sledovaných období. Jako software byl použit program MapInfo Professional (verze 9.0.1.) a Vertical Mapper 3.0.

Pro vyjádření míry variability sněhové pokrývky jsem si vytvořil tabulku pro každý měsíc a rok, kdy byla lokalita pokryta sněhovou pokrývkou alespoň na jednom bodě stálého měření výšky sněhové pokrývky. Z těchto tabulek jsem vypočítal základní míry variability: rozptyl, směrodatnou odchylku, variační koeficient a index obecné variability (Zvára 2008). Tyto míry variability vyjadřují rozmístění hodnot dané proměnné okolo střední hodnoty celého souboru.

Rozptyl:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

Vypočítá velikost čtverců odchylek jednotlivých hodnot výběru od průměru. V případě kdy jsou všechny hodnoty souboru stejné, potom je variabilita v souboru nulová a rozptyl se

rovná nule. Velikost rozptylu se zvyšuje při zvětšující se variabilitě hodnot sledované proměnné,

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

Má stejné měrné jednotky jako sledovaná číselná proměnná ve statistickém souboru a může nabývat vždy pouze kladných hodnot.

Variační koeficient:

$$v = \frac{s_x}{\bar{x}}$$

Je relativní mírou variability a není ovlivněn absolutními hodnotami sledovaného statistického znaku a udává z kolika procent, se podílí směrodatná odchylka na aritmetickém průměru.

Index obecné variability:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N P_i^2}{N} - \frac{(\sum_{i=1}^N P_i)^2}{N^2}},$$

(Smith Michael B. et al 2004)

P_i je výška sněhové pokrývky v i-tém stálém měřicím bodě a N je celkový počet měřicích bodů v zájmové oblasti, v tomto případě na sledovaných lokalitách. Velikost indexu obecné variability tak vlastně udává hodnotu standardní odchylky výšky sněhové pokrývky na sledované lokalitě vyjadřující prostorovou rozptýlenost kolem průměru.

Po porovnání výsledů základních měř variability, jsem se na základě porovnání vhodnosti těchto měř, rozhodl pro Index obecné variability, jako pro nejvhodnější reprezentativní míru variability. Index obecné variability vykazuje nejvyšší pozitivní korelaci

s naměřenými hodnotami. Index obecné variability je vhodný i pro výpočet míry prostorové variability na obou lokalitách.

Index obecné variability jsem vypočítal dvojího typu: pro zjištění variability mezi jednotlivými zimními sezónami a pro zjištění variability mezi jednotlivými měsíčními měřeními při využití dat za celé měřené období od počátku sezóny 2003/2004 do konce sezóny 2012/2013. Index obecné variability jsem zpracoval pro grafické vyhodnocení a převedl do grafů (graf 3,4,6,7).

Pokud v daném měsíci proběhlo více měření, vypočítal jsem z nich aritmetický průměr pro každý bod v tomto měsíci, a tento následně zahrnul do souhrnné tabulky. Ve výsledných grafech jsem vypočítal také hodnotu indexu obecné variability pro všechna naměřená data pro danou oblast, která je graficky znázorněna úsečkou.

Prostorovou variabilitu jsem vypočetl z databáze pro Čertovu louku a Modré sedlo, vypočítal jsem index obecné variability pro každý bod při započítání všech měření v daném roce. Z těchto dat jsem vytvořil mapové výstupy pro každou sezónu, které jsem mezi sebou porovnal a zjistil meziroční prostorovou variabilitu. Mapové výstupy jsem zpracoval pomocí interpolační metody nejbližšího souseda s intervalem barevné stupnice 15, který je pro obě lokality shodný (mapy 121-140).

4. 4. Metodika zpracování získaných dat

Z meteorologické stanice na Luční boudě jsem zpracoval denní data: průměrná teplota vzduchu, úhrn dešťových srážek, celkové výšky sněhové pokrývky, nové sněhové pokrývky a průměrné rychlosti větru; a také data o směru větru v 10 minutovém intervalu, ze kterých jsem určil převládající směr větru pro každý den. Zpracovaná data zahrnovala dobu od uvedení stanice do provozu 20. 1. 2009, následně od prvních sněhových srážek, vždy do posledního měření v zimní sezóně. Tato meteorologická data jsem spolu s naměřenými daty výšky sněhové pokrývky použil k vyhodnocení vývoje sněhové pokrývky na obou sledovaných lokalitách.

Absolutní výška sněhové pokrývky na Luční boudě byla zjištěna vždy k datu měření na sledovaných lokalitách a její celkový průměr byl vypočítán z dat pravidelných denních měření, od data prvního výskytu souvislé sněhové pokrývky po její úplné roztátí. Pro získání všeobecných informací o klimatickém působení a sněhové pokrývky v letech 2003-2006 bylo využito Lavinového katastru za 2003/2004 až 2005/2006 (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2006). Pro určení doby souvislé sněhové pokrývky na Luční boudě jsem využil

data od Horské služby Krkonoše (Spusta jun. 2013), která posloužila jako meziroční srovnávací ukazatel. Každá zimní sezóna je popsána stejným formátem pro lepší orientaci a přehlednost, ale pro srovnání a zpřesnění popisu vývoje sněhové pokrývky byly využity výsledky a hodnocení z předešlých prací zabývajících sledovanými lokalitami (Janásková 2005, Horáčková 2009, Tryzna 2011).

Z hydrologických ročenek ČHMÚ jsem vyčetl teplotní a srážkové charakteristiky a využil je pro porovnání zpřesnění popisu a meziročního vývoje sněhové pokrývky.

Nebylo možné využít meteorologická data ze stanice Sněžka, vzhledem k jejich nevhodnosti, způsobené rozdílnými klimatickými i sněhovými podmínkami, které se mohou zásadně lišit od podmínek na studovaných lokalitách.

5. VÝSLEDKY

5. 1. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2003/2004

Lavinový katastr (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2006) uvádí napadání prvního sněhu ve vrcholových partiích Krkono již 6. – 10. října 2003 (20 cm), ale následně roztál stejně jako další sníh, který napadl a ležel od 17. do 20. 11 2003. Souvislá sněhová pokrývka se ve vrcholových partiích Krkonoš vyskytovala od 7. 12. 2003.

První měření bylo provedeno 22. 1. 2004 a vlivem teplot pod -15 °C se jednalo se o prachový sníh, který převíval a ukládal ve dvou depresích na Čertově louce (mapa 3) i pod Modrým sedlem. Na Modrém sedle bylo zaznamenáno maximum 150 cm sněhu právě v této depresi (mapa 10) a také nejvyšší průměr 45 cm (tab. 1).

V únoru, od 2. do 7., byla zaznamenána výrazná obleva, při které se uvolnila i lavina poblíž studované lokality Modré sedlo, na lavinové dráze k. č 8 Modrý důl (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2006).

3. března byl na Čertově louce zaznamenán nárůst sněhové pokrývky na v maximum na 300 cm a sněhová pokrývka také dosahovala nejvyššího průměru 159 cm, vlivem celkové zvýšené akumulace sněhu na této lokalitě (mapa 4). Na Modrém sedle došlo k zeslabení sněhové pokrývky a přesunu maxima (105 cm) východním směrem (mapa 11).

4. dubna 2004 je vlivem zvýšených denních teplot zaznamenáno zeslabení sněhové pokrývky na Čertově louce (mapa 5) avšak vlivem bouřlivého počasí předchozích dnů (23 až 25. března), kdy došlo k převívání sněhové pokrývky silnými severními až severovýchodními

větry, nebyl tento úbytek tak výrazný. Výrazný úbytek nastal na Modrém sedle, kde došlo k úplnému odtání většiny sněhové pokrývky a sníh zůstal jen pod terénní hranou (mapa 12).

20. dubna bylo i přes celkový úbytek sněhu ve vrcholových partiích Krkonoš na Čertově louce zaznamenáno maximum 370 cm v nivační depresi horní části svahu, ale celkový průměr sněhové pokrývky se snížil (mapa 6). Tento jev je způsobem vlivem převívání sněhu do této lokality a jeho akumulaci, právě v nivační depresi v jejím středu. Na Modrém sedle došlo k dalšímu zmenšení sněhového pole pod terénní hranou (mapa 13).

28. dubna je vlivem přílivu teplého vzduchu a zvýšené insolance naměřené prudké zeslabení sněhové pokrývky na Čertově louce (mapa 7) a dochází k vytání spodní části lokality. Na Modrém sedle je zaznamenáno už jen malé sněhové pole (mapa 14).

Do 15. 5. 2004 dochází k výraznému odtání sněhové pokrývky, která na Čertově louce zůstává již pouze v horní nivační depresi (mapa 8). Při následném měření 7. 6. je naposledy zaznamenána sněhová pokrývky na Čertově louce s maximem 40 cm v centru nivační deprese (mapa 9).

V sezóně 2003/2004 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 96 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období leden-duben 14 cm (tab. 1). Souvislá sněhová pokrývky na Luční boudě trvala 118 dnů (od 7. 12. 2003 do 13. 4. 2004).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | |
|--|-----------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr |
| zima 2003/2004 | 22.1.2004 | 265 | 105 | 147 | 150 | 5 | 45 |
| | 4.3.2004 | 300 | 60 | 159 | 105 | 5 | 22 |
| | 4.4.2004 | 270 | 60 | 140 | 20* | 0* | 4* |
| | 20.4.2004 | 370 | 50 | 127 | 10* | 0* | 1* |
| | 28.4.2004 | 220 | 0 | 96 | 10* | 0* | 1* |
| | 15.5.2004 | 135* | 0* | 5* | 0 | 0 | 0 |
| | 7.6.2004 | 40* | 0* | 1* | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 229 | 39 | 96 | 59 | 2 | 14 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 1: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2003/2004

V sezóně 2003/2004 byla na Čertově louce nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky 159 cm (55 % absolutního maxima) naměřena 4. 3. 2004, zatímco absolutní maximum 370 cm (65 %) až 20. 4. 2004, při všeobecném tání v okolních lokalitách, vlivem

ukládání převívaného sněhu v nivační depresi, k tomuto datu zde byla naposledy zaznamenána i souvislá sněhová pokrývka. Nejvyšší minimum 105 cm (66 %) bylo zaznamenáno již 20. 1. 2004, kdy byla sněhová pokrývka nejrovnoměrěji rozložená. Na Modrém sedle bylo naměřeno sezónní maximum 150 cm (50 %) i nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky 45 cm (46 %) při prvním měření 22. 1. 2004, v nivační depresi pod terénní hranou. Poslední souvislá sněhová pokrývka zde byla 4. 3. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 7. 6. a celkový průměr za sledované období byl 96 cm (62 %), na Modrém sedle 28. 4 a celkový průměr za sezónu byl 14 cm (27 %). Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 118 dnů (74 %).

5. 2. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2004/2005

Podle lavinového katastru (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2006) napadl první sníh již 14. října, ale brzy roztál. Souvislá sněhová pokrývka se ve vrcholových partiích Krkonoš vyskytovala od 19. listopadu. První měření sněhové pokrývky je tedy provedeno 26. 11. 2004 a na Čertově louce je zaznamenáno maximum 180 cm v centru nivační deprese, ale také výrazné minimum 25 cm v okolních částech svahu (mapa 15). Na Modrém sedle je naměřeno maximum 100 cm, v oblasti pokryté klečovými porosty a nevyskytují se žádná obnažená místa (mapa 25).

Měření 19. 12. 2004 je ovlivněno inverzním stavem počasí s nízkými teplotami přes noc, vlivem vyjasnění, kdy dochází k zmrznutí přes den natátého povrchu sněhové pokrývky. Ani na Čertově louce ani na Modrém sedle tak nedochází k výrazným změnám výšky a rozmístění sněhové pokrývky (mapa 16 a 26).

Na přelomu roku došlo k velice výrazným sněhovým srážkám a při měření 23. 1. 2005 bylo na Čertově louce naměřeno maximum 420 cm a průměrná výška sněhu 249 cm (mapa 17). Sníh je akumulován v depresích, nejvíce ve střední části, ale také v depresi v horní části studované lokality, naopak minimum (80 cm) je naměřeno v dolní části s klečovými porosty. Na Modrém sedle došlo pouze k mírnému zvýšení mocnosti sněhové pokrývky v hřbetových partiích území (mapa 27).

Měření 28. února ovlivnili dlouhotrvající mrazy a tak byly sněhové srážky, tvořeny prachovým sněhem, lehce převívány do depresí. Na Čertově louce bylo naměřeno absolutní maximum v této sezóně a to 480 cm, kdy se severněji, vedle původní maximální akumulace, vytvořila další (mapa 18). Bylo také naměřeno nejvyšší minimum 160 cm a také velmi vysoký průměr 286 cm. Na Modrém sedle došlo k navýšení akumulace v hřbetové, klečí porostlé

oblasti, a také ve spodní části v začátku lavinového svahu, bylo zaznamenáno maximum zimy 120 cm a nevyšší průměrná pokrývka 59 cm (mapa 28).

V březnu bylo na Luční boudě naměřeno 360 cm, při měření 7. dubna byl na Čertově louce zaznamenán úbytek sněhové pokrývky a spojení sněhové akumulace v centrální části v rozsáhlou sněhovou akumulaci, výrazný úbytek pak nastal ve spodní části svahu (mapa 19). Na Modrém sedle došlo k odtání sněhu na terénní hraně (mapa 29). 22. dubna docházelo na Čertově louce k postupujícímu odtávání sněhové pokrývky (mapa 20). Na Modrém sedle se vyskytují již jen dvě sněhová pole, první v horní hřbetové části a druhé v oblasti nivační deprese (mapa 30).

1. května je na Čertově louce naměřeno maximum 370 cm v nyní již v protáhlé akumulaci v centrální části svahu, ve spodní části se pak vyskytují již zcela vytálá místa (21). Ve spodní části Modrého sedla je již jen drobné sněhové pole s maximem 20 cm (mapa 31). 16. května dochází k dalšímu odtávání na Čertově louce (mapa 22), na Modrém sedle se již sníh nevyskytuje. Do 2. června dochází k dalšímu odtávání a ztenčování sněhové pokrývky na Čertově louce (mapa 23).

Posledním měřením 17. června 2005 je zaznamenáno sněhové pole pouze v oblasti nivační deprese, s maximální hloubkou 110 cm (mapa 24).

. V sezóně 2004/2005 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 136 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období listopad - květen 14 cm (tab. 2). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 158 dnů (od 19. 11. 2004 do 26. 4. 2005).

| lokalita datum měření | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | |
|--------------------------|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr |
| zima 2004/2005 | 26.11.2004 | 180 | 25 | 85 | 100 | 10 | 47 |
| | 19.12.2004 | 180 | 30 | 93 | 85 | 5 | 39 |
| | 23.1.2005 | 420 | 80 | 249 | 90 | 5 | 51 |
| | 28.2.2005 | 480 | 160 | 286 | 120 | 0 | 59 |
| | 7.4.2005 | 450 | 80 | 225 | 90 | 0 | 21 |
| | 22.4.2005 | 370 | 70 | 177 | 35* | 0* | 1* |
| | 1.5.2005 | 360 | 0 | 133 | 20* | 0* | 0* |
| | 16.5.2005 | 320 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 |
| | 2.6.2005 | 150* | 0* | 16* | 0 | 0 | 0 |
| | 17.6.2005 | 110* | 0* | 2* | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 302 | 45 | 136 | 77 | 3 | 31 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 2: *Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2004/2005*

V sezóně 2004/2005 bylo sezónní maximum 480 cm (84 %) na Čertově louce zaznamenáno 28. 2. 2005, kdy bylo dosaženo také nejvyšší minimální výšky 160 cm (absolutní maximum) a s tím související dosažení nejvyšší průměrné sněhové pokrývky 286 cm (99 %). Byl zachycen i nejpozdější výskyt souvislé sněhové pokrývky 22. 4. 2005. 28. února bylo zaznamenáno maximum 120 cm (40 %) na Modrém sedle a také nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky 59 cm (61 %), nejvyšší minimum 10 cm (29 %) bylo na Modrém sedle zaznamenáno již 26. 11. 2004. Poslední výskyt souvislé sněhové pokrývky na Modrém sedle nastal 23. 1. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 17. 6 a celkový průměr za sledované období byl 136 cm (88 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 1. 5. a celkový průměr za sezónu byl 31 cm (60 %). Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 158 dnů (99 %).

5. 3. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2005/2006

První sníh a zároveň počátek trvání souvislé sněhové pokrývky ve vrcholových partiích Krkonoš napadl 16. listopadu 2005 (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2006). Při prvním měření 9. 12. 2005 bylo na Čertově louce naměřeno maximum 110 cm a celou studovanou lokalitu pokrývala souvislá sněhová vrstva o minimální mocnosti 15 cm (mapa 32). Na Modrém sedle byla sněhová pokrývka akumulována v nivační depresi pod terénní hranou, kde dosahovala maxima 80 cm a byla také souvislá na celé lokalitě (mapa 39).

Vydatné prosincové srážky nahradily v lednu velice nízké teploty (-20 °C) a severovýchodní vítr. Na Čertově louce bylo 22. ledna naměřeno maximum 300 cm v akumulaci, která byla soustředěna do střední části svahu v S-J směru (mapa 33). Na Modrém sedle bylo maximum soustředěno na hřbetové části pokryté klečovými porosty (mapa 40).

26. února dále docházelo k navyšování sněhové pokrývky na obou lokalitách. Na Čertově byly nejvyšší akumulace (365 cm) soustředěny do hlavní deprese, ale také do deprese v horní části svahu (mapa 34). Na Modrém sedle se akumulace sněhové pokrývky přesunula pod terénní hranu do akumulační části (mapa 41).

Při měření 18. března byla vlivem převládání sněhové pokrývky na obou lokalitách naměřena sezónní maxima sledovaných charakteristik za zimní 2005/2006 období. Na Čertově louce byla maxima lokalizována v centrální nivační depresi, ale také v horní části

studované lokality (mapa 35). Na Modrém sedle se vyskytly dvě maxima ve východní a západní části akumulční oblasti (mapa 42).

Do 10. dubna došlo vlivem oteplení a výskytu dešťových srážek k výraznému odtání sněhové pokrývky, ale k zachování jejího rozložení na obou lokalitách (mapy 36 a 43).

8. května je na obou lokalitách zaznamenána odkrytá místa bez sněhové pokrývky. Na Čertově louce je naměřeno maximum (145 cm) v centrální nivační depresi a vytálá místa se vyskytují ve spodní pramenné části svahu (mapa 37). Na Modrém sedle se již žádná sněhová pokrývky nevyskytuje.

Poslední měření je provedeno na Čertově louce 18. 5. 2006, kdy se zde vyskytovala sněhová pokrývky ve třech sněhových polích. Nejrozsáhlejší sněhové pole bylo v hlavní nivační depresi a bylo zde naměřeno maximum 155 cm, další sněhové pole bylo ve vrchní části svahu a poslední drobné pak ve spodní části mezi klečovými porosty (mapa 38).

V sezóně 2005/2006 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 129 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - duben 46 cm (tab. 3). Souvislá sněhová pokrývky na Luční boudě trvala 159 dnů (od 16. 11. 2005 do 24. 4. 2006).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | |
|--|-----------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr |
| zima 2005/2006 | 9.12.2005 | 110 | 15 | 61 | 80 | 5 | 35 |
| | 20.1.2006 | 300 | 55 | 141 | 100 | 5 | 40 |
| | 26.2.2006 | 365 | 105 | 201 | 135 | 5 | 53 |
| | 18.3.2006 | 415 | 110 | 290 | 145 | 20 | 67 |
| | 10.4.2006 | 200 | 75 | 135 | 70 | 15 | 36 |
| | 8.5.2006 | 145 | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 |
| | 18.5.2006 | 155 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 241 | 51 | 129 | 106 | 10 | 46 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 3: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2005/2006

V sezóně 2005/2006 byly maximální hodnoty naměřeny 18. 3. 2006, kdy na Čertově louce bylo zaznamenáno maximum 415 cm (73 %) v centru hlavní nivační deprese, minimum 110 cm (69 %) ve spodní části svahu a celkový průměr 290 cm (absolutní maximum). 10. 4. bylo poslední měření se souvislou sněhovou pokrývkou. Na Modrém sedle bylo 18. 3. naměřeno v akumulční oblasti 145 cm (48 %), terénní hranu pak pokrývala souvislá

sněhová vrstva o mocnosti 20 cm (29 %), celkový průměr byl 67 cm (69 %). Poslední období se souvislou sněhovou pokrývkou bylo zaznamenáno absolutně nejpozději ze všech sledovaných zimních období. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 18. 5 a celkový průměr za sledované období byl 129 cm (83 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 10. 4. a celkový průměr za sezónu byl 46 cm (88 %). Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala nejdéle ze všech sledovaných let 159 dnů.

5. 4. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2006/2007

První sněhová pokrývka byla na Čertově louce naměřena 16. listopadu, kdy maximum dosahovalo 180 cm a to nezvykle ve spodní části svahu, kde byl klečovými porosty ochráněn před odvátím (mapa 44).

Další měření proběhlo až 22. února, kdy bylo také zaznamenáno absolutní maximum zimy na obou lokalitách. Na Čertově louce bylo maximum 380 cm soustředěno v hlavní centrální depresi (mapa 45), na Modrém sedle bylo maximum 140 cm soustředěno v hřbetové části lokality před terénní hranou (mapa 49).

Březnové měření zaznamenalo pokles absolutního maxima sněhu, avšak průměrná výška sněhové pokrývky se na obou lokalitách zvýšila. Na Čertově louce došlo k rozšíření akumulace v oblasti centrální deprese a celkový průměr tak tvořil (178 cm) (mapa 46). Na Modrém sedle došlo v severní části lokality k odtání části sněhové pokrývky a maximum (140 cm) se přesunulo k východnímu okraji, průměrná výška byla 59 cm (mapa 50).

26. dubna se vyskytovala sněhová pokrývka pouze na Čertově louce (mapa 47), kdy došlo k redukci výšky a rozsahu sněhové akumulace v centrální depresi a vytání ve spodní části lokality.

Poslední měření proběhlo 11. května 2007, kdy lokalitu pokrývali již jen 3 sněhové polygony, největší s maximální mocností 155 cm (mapa 48).

V sezóně 2006/2007 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 92 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období únor - březen 51 cm (tab. 4). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 68 dnů (od 2. 1. 2007 do 6. 1. 2007, následně od 24. 1. 2007 do 28. 3. 2007).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | |
|--|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr |
| Zima 2006/2007 | 16.11.2006 | 180* | 0* | 48* | 0 | 0 | 0 |
| | 22.2.2007 | 380 | 70 | 137 | 140* | 5* | 43* |
| | 28.3.2007 | 335 | 70 | 178 | 140* | 0* | 59* |
| | 26.4.2007 | 260 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| | 11.5.2007 | 155 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezonu | | 262 | 31 | 92 | 120 | 3 | 51 |

naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 4: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2006/2007

V sezóně 2006/2007 byl počátkem zimy byl sníh ukládán na Čertově louce především ve spodní části, na Modrém sedle pak v hřbetové oblasti, obě tyto části jsou porostlé klečovými porosty, které přispěli k zachytávání a následnému ukládání převívaných sněhových srážek. Nejvyšší mocnost sněhové pokrývky byla naměřena na obou lokalitách 22. 2. 2007 (na Modrém sedle i 28. 3.), na Čertově louce 380 cm (67 %) a Modrém sedle 140 cm (47 %). Ve stejném termínu bylo dosaženo i nejvyššího minima (Čertova louka i 28. 3), Čertova louka 70 cm (44 %), Modré sedlo 5 cm (14 %) a byla zde nejpozději zaznamenána souvislá sněhová pokrývky 22. 2. 2007. Nejvyšší průměr byl však dosažen na Čertově louce (178 cm – 61 %) i Modrém sedle (59 cm - 61 %) až 28. 3. 2007, kdy se také na Čertově louce nejpozději vyskytovala souvislá sněhová pokrývky. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 11. 5. a celkový průměr za sledované období byl 92 cm (59 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 28. 3. a celkový průměr za sezonu byl 49 cm (94 %). Souvislá sněhová pokrývky se na Luční boudě vyskytovala 68 dnů (43 %).

5. 5. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2007/2008

Sněhová pokrývky byla průběhu podzimu a začátku zimy ukládána na Čertově louce rovnoměrně a při měření 26. 12. 2007 bylo naměřeno maximum 230 cm v centrální nivační depresi, nad kterou se ještě nacházela sněhová akumulace, která však nedosahovala takové mocnosti a rozměrů (mapa 51). Modré sedlo bylo kompletně pokryto sněhovou pokrývkou, která vykazovala vysoký průměr (56 cm) a maximální akumulace (135 cm) byla soustředěna pod terénní hranou (mapa 57).

Při následném měření 3. února byl zaznamenán vysoký nárůst mocnosti sněhové pokrývky především na Čertově louce, avšak také došlo ke ztenčení (min 40 cm) ve spodní části lokality (mapa 52). Maximum (425 cm) bylo soustředěno do středu centrální deprese.

Na Modrém sedle bylo absolutní zimní maximum (170 cm) opět soustředěno pod terénní hranu a průměrná výška sněhové pokrývky dosáhla 57 cm (mapa 58).

19. března byl naměřen vysoký nárůst výšky sněhové pokrývky na celé lokalitě Čertovy louky (především v horní části svahu), kdy došlo především k zvýšení minimální výšky sněhové pokrývky na 125 cm, a tedy i navýšení průměrné výšky na 266 cm (mapa 53). Na Modrém sedle nebyly zaznamenány výraznější změny (mapa 59).

11. dubna bylo na Čertově louce naměřeno maximum 505 cm, ale došlo k zeslabení sněhové pokrývky v nejnižší části svahu (mapa 54). Na Modrém sedle nedošlo k výrazným změnám (mapa 60).

Do 13. května došlo na obou lokalitách k výraznému úbytku sněhové pokrývky. Na Čertově louce zcela odtála nejspodnější část svahu, náležící k pramenné oblasti, a maximum (330 cm) bylo zaznamenáno v centrální depresi (mapa 55). Na Modrém sedle zůstalo již jen malé sněhové pole nacházející se v akumulční oblasti lavinového svahu (mapa 60).

Při posledním měření 20. 6. 2008 se na Čertově louce nacházelo již jen malé sněhové pole s maximální mocností 55 cm v oblasti centrální nivační deprese (mapa 56).

V sezóně 2007/2008 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 155 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - duben 43 cm (tab. 5). Souvislá sněhová pokrývky na Luční boudě trvala 141 dnů (od 6. 11. 2007 do 25. 2. 2008, od 2. 3. 2008 do 9. 3. 2008, od 12. 3. do 3. 4. 2008).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | |
|--|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr |
| zima 2007/2008 | 26.12.2007 | 230 | 50 | 116 | 135 | 5 | 56 |
| | 3.2.2008 | 425 | 40 | 178 | 170 | 5 | 57 |
| | 19.3.2008 | 490 | 125 | 266 | 160 | 5 | 56 |
| | 11.4.2008 | 505 | 50 | 250 | 150 | 5 | 45 |
| | 13.5.2008 | 330 | 0 | 117 | 10 | 0 | 0 |
| | 20.6.2008 | 55* | 0 | 1* | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 339 | 44 | 155 | 125 | 3 | 43 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 5: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2007/2008

V sezóně 2007/2008 byla nejvyšší mocnost sněhové pokrývky 505 cm (89 %) na Čertově louce zaznamenána 11. 4. 2008. Nejvyšší průměrná výška 266 cm (92 %) byla ovlivněna nejvyšší minimální výškou 125 cm (78 %), která byla naměřena 19. 3. 2008. Poslední záznam souvislé sněhové pokrývky je shodný pro obě lokality a to z 11. 4. Nejvyšší mocnost sněhové pokrývky na Modrém sedle dosahovala 170 cm (57 %) 3. 2. 2008, ale i následující dvě měření zaznamenala vysoké hodnoty (160 a 150 cm). Netypické bylo zaznamenání vyrovnaného průměru na třech měřeních 26. 12 2007 – 19. 3. 2008, který dosahoval (56 - 57 cm; nejvíce 59 %). Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno nejpozději za celé období a to 20. 6. a celkový průměr byl také nejvyšší za celé sledované období 155 cm. Na Modrém sedle proběhlo poslední měření také nejpozději za celé období a to 13. 5. a celkový průměr za sezónu byl 43 cm (83 %). Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 141 dnů (89 %).

5. 6. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2008/2009

Při prvním měření v této sezóně 5. 12. 2008 bylo na Čertově louce naměřeno maximum 220 cm v severní části centrální nivační deprese (mapa 62). Na Modrém sedle (85 cm) pak v hřbetové části v oblasti klečového porostu (mapa 70).

Při měření 10. ledna bylo zjištěno přesunutí maxima sněhové pokrývky v centrální nivační depresi na Čertově louce jižním směrem a ve východním směru se vytvořili tři zvýšené akumulace (mapa 63). Na Modrém sedle se maximum (90 cm) stále soustředilo do hřbetové části a bylo zachyceno odtání v oblasti terénní hrany a to i pod ní v akumulací depresi lavinového svahu (mapa 71).

31. ledna byl zaznamenán vysoký úhrn sněhových srážek (35 cm) přinášených severním větrným prouděním. Před měřením 9. února přinesl jižní vítr oteplení a teploty kolem 0 °C. Na Čertově louce bylo zaznamenáno rozšíření oblasti maximální mocnosti sněhové pokrývky (250 cm) v centrální depresi (mapa 64). Na Modrém sedle bylo naměřeno maximum v hřbetové oblasti, ale sněhovou pokrývkou byla pokryta i spodní část lokality (mapa 72). Na Luční boudě bylo naměřeno 112 cm sněhu.

Po zbytek února byly převažujícím severním prouděním přinášeny pravidelné sněhové srážky, které se ukládaly v teplotách pod -10 °C. Počátek března určoval jižní až jihozápadní vítr s nulovými srážkami a průměrnými teplotami okolo 0 °C. V období od 10. – 12. března vypadlo na umrzlý sněhový povrch 35 cm srážek při severozápadním prouděním. Na Čertově louce bylo zaznamenáno sezónní maximum (420 cm) i nejvyšší minimum a

související nejvyšší průměrná sněhová pokrývka (218 cm). Byly zde však dvě výrazně akumulace, kromě tradiční vysoké akumulace sněhu v centrální depresi, se jihovýchodně od ní vytvořila druhá méně rozsáhlá (mapa 65). Na Modrém sedle bylo sezónní maximum (255 cm) zachyceno v akumulační oblasti pod terénní hranou a další maximum zasahovalo do severovýchodního cípu oblasti (mapa 73). Byl zaznamenán i nejvyšší průměr 82 cm. Na Luční boudě bylo naměřeno 177 cm.

Následující období bylo srážkově slabé, jen 23. až 24. března vypadlo 35 cm sněhových srážek. Severozápadní pak vystřídalo jihovýchodní až jižní proudění s teplotami okolo 6 °C. 10. dubna bylo na Čertově louce naměřeno maximum (400 cm) v centrální nivační depresi, naopak druhá významná akumulace se již nevyskytovala (mapa 66). Na Modrém sedle byl již znatelný úbytek sněhové pokrývky s maximem 100 cm pod odkrytou terénní hranou (mapa 74). Na Luční boudě bylo naměřeno sezónní maximum 190 cm.

Další sněhové srážky se již nevyskytovaly, naopak přibýlo srážek dešťových (11. května - 18 mm), které společně s denními teplotami nad 11 °C zapříčinily výrazný úbytek sněhové pokrývky. Na Čertově louce se nacházela již jen sněhová pole o maximální mocnosti 135 cm (mapa 67). Na ostatních lokalitách se již sněhová pokrývka nevyskytovala vůbec.

Při měření 25. května (mapa 68) i 10. června (mapa 69), bylo zachyceno jedno sněhové pole v oblasti centrální nivační deprese, které zmenšovalo svou rozlohu a došlo k fluktuaci maxima sněhové pokrývky (70 – 80 cm).

V sezóně 2008/2009 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 102 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - duben 52 cm a 145 cm na Luční boudě (tab. 6). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 148 dnů (od 18. 11. 2008 do 15. 4. 2009).

| lokalita datum měření | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | | Luční bouda |
|--------------------------|-----------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|-------------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr | výška |
| zima 2008/2009 | 5.12.2008 | 220 | 25 | 70 | 85 | 5 | 40 | - |
| | 10.1.2009 | 255 | 35 | 108 | 90 | 0 | 43 | - |
| | 9.2.2009 | 250 | 40 | 119 | 115 | 30 | 67 | 112 |
| | 16.3.2009 | 420 | 100 | 218 | 255 | 35 | 82 | 177 |
| | 10.4.2009 | 400 | 90 | 188 | 100 | 0 | 29 | 190 |
| | 13.5.2009 | 135* | 0* | 13* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 25.5.2009 | 70* | 0* | 1* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10.6.2009 | 80* | 0 | 1* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 248 | 41 | 102 | 129 | 14 | 52 | 145** |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

** průměr od 20. 1. 2009

Tabulka 6: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2008/2009

V sezóně 2008/2009 byl maxima na Čertově louce 420 cm (74 %) i Modrém sedle 255 cm (85 %) dosaženo 16. března 2009, kdy byla také zaznamenána nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky (Čertova louka 218 cm – 75%; Modré sedlo 82 cm – 85 %) i nejvyšší minima (Čertova louka 100 cm – 63 %; Modré sedlo 30 cm – absolutní maximum) na obou lokalitách. Na Modrém sedle to byl termín výskytu poslední souvislé sněhové pokrývky. Tato maxima byla dosažena vlivem severozápadního proudění v období dopadávání sněhových srážek na zmrzlý sněhový povrch a tedy jejich převátím do depresí a za terénní hrany. Na Luční boudě bylo maximum (190 cm) naměřeno až 10. dubna, kdy se také naposledy vyskytovala souvislá sněhová pokrývky na Čertově louce. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 10. 6. a celkový průměr za sledované období byl 102 cm (75 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 10. 4. a celkový průměr za sezónu byl nejvyšší za celé sledované období 52 cm. Na Luční boudě byl zaznamenán nejvyšší průměr za období 145 cm (měřeno od 20. 1. 2009). Souvislá sněhová pokrývky se na Luční boudě vyskytovala 148 dnů (93 %).

5. 7. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2009/2010

První sněhová pokrývky, přinášena severním prouděním, napadla již 13. října 2009 a 16. října dosahovala 85 cm. Od poloviny října však došlo ke změně proudění na jihozápadní a také ke zvýšení průměrných teplot nad 0 °C a začátkem listopadu tak byla výška sněhové pokrývky 25 cm, následovalo další tání a mírné výkyvy výšky sněhu, ale do 11. listopadu všechno sněhová pokrývky odtála.

Souvislá sněhová pokrývka se ve vrcholových partiích Krkonoš vyskytovala od 9. prosince 2009. V polovině prosince dosahovaly teploty až $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ a sněhová pokrývka se pohybovala okolo 50 cm. Ke konci prosince proběhla slabá obleva, kdy byla sněhová pokrývka zredukována až na 20 cm.

Počátek ledna byl ve znamení nízkých teplot pod $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ a mírných sněhových srážek, které byly ukládány jihovýchodním prouděním větru. Konec ledna byl opět ve znamení nízkých teplot okolo $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ a při změně proudění na severní až severozápadní došlo k vypadávání sněhových srážek, tento stav počasí přetrval i začátkem února. Na Modrém sedle bylo 8. února naměřeno sezónní maximum 195 cm (mapa 80), pod terénní hranou v akumulární oblasti, na celé lokalitě byl vysoký průměr výšky sněhové pokrývky 65 cm. Na Luční boudě byla zaznamenána výška sněhu 87 cm.

Do konce února převládalo stále počasí s jižním až jihozápadním prouděním a slabým vypadáváním sněhových srážek, teploty se pohybovaly okolo $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

První polovina března byla ovlivněna severním prouděním, které přineslo sněhové srážky a velmi nízké teploty (5. března $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), tyto byly následně vystřídány silným větrem přes 15 m/s. Na Čertově louce bylo 18. 3. 2010 naměřeno sezónní maximum 305 cm, nejvyšší minimum (45 cm) a také nejvyšší průměr (149 cm). Maximum bylo soustředěno v severní části centrální nivační deprese (mapa 75). Na Luční boudě bylo dosaženo sezónního maxima 120 cm.

Konec března ovlivnilo jižní proudění, které přineslo teploty nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (26. března $9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a také vydatné dešťové srážky (29. března 11 mm). Oblevu přerušilo až východní proudění a mírné navýšení sněhové pokrývky v důsledku výpadu sněhových srážek na přelomu března a dubna. První polovina dubna byly vydatná na oba typy srážek (sněhové i dešťové), došlo tedy k poklesu sněhové pokrývky na obou lokalitách. Na Čertově louce bylo naměřeno maximum 230 cm v centrální depresi a bylo protaženo k jihu (mapa 76). Na Modrém sedle se maximum (140 cm) vyskytovalo pod odtálou terénní hranou (mapa 81). Na Luční boudě bylo naměřeno 60 cm sněhu.

V následujícím období se již teploty pohybovali nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a přidali se také výrazně dešťové srážky, vlivem tohoto působení došlo k výraznému úbytku sněhové pokrývky na obou lokalitách. Na Čertově louce byla sněhová pokrývka koncentrována do 3 sněhových polí. První se nacházelo ve vrchní části svahu, druhé v centrální depresi a třetí mezi klečovými porosty, kde bylo také naměřeno maximum 225 cm (mapa 77). Na Modrém sedle

byly dvě sněhová pole, první v akumulární oblasti a druhé ve východní části terénní hrany, kde maximum dosahovalo 75 cm (mapa 82). Na Luční boudě se již žádná sněhová pokrývka nevyskytovala.

Při měření 19. května bylo na Čertově louce zachyceno maximum (55 cm) východněji (níže) v nivační depresi (mapa 78), kam stekla sněhová pokrývka vlivem výrazných úhrnů dešťových srážek (9. května 14,6 mm), toto tvrzení dokládá i protáhlý tvar menšího sněhového pole ve vrchní části svahu.

7. června 2010 bylo na Čertově louce zachyceno již jen malé sněhové pole v centrální depresi s maximem 55 cm (mapa 79).

V sezóně 2009/2010 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 57 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období únor květen 36 cm a na Luční boudě 65 cm (tab. 7). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 126 dnů (od 13. 10. 2009 do 27. 10. 2009, následně od 9. 12. 2009 do 30. 3. 2010).

| lokalita datum měření | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | | Luční bouda |
|--------------------------|-----------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|-------------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr | výška |
| zima 2009/2010 | 8.2.2010 | - | - | - | 195 | 10 | 65 | 87 |
| | 18.3.2010 | 305 | 45 | 149 | - | - | - | 120 |
| | 16.4.2010 | 230 | 30 | 96 | 140 | 0 | 42 | 60 |
| | 8.5.2010 | 225* | 0 | 15* | 75* | 0 | 3* | 0 |
| | 19.5.2010 | 150* | 0 | 23* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 8.6.2010 | 55* | 0 | 1* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 193 | 15 | 57 | 137 | 0 | 36 | 65 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 7: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2009/2010

V sezóně 2009/2010 bylo maximum 305 cm (54 %) na Čertově louce naměřeno 18. 3., tak i nejvyšší průměr 149 cm (51 %) i nejvyšší minimum 45 cm (28 %). Souvislá sněhová pokrývka se vyskytovala do 16. 4. Na Modrém sedle bylo měřením 8. 2. zachyceno maximum 195 cm (65 %) a průměr 65 cm (67 %). Na Modrém sedle nebylo zaznamenáno období souvislé sněhové pokrývky. Nejvyšší výšky sněhové pokrývky (120 cm) na Luční boudě bylo dosaženo 18. března. Na konci zimy došlo na Čertově louce k posunu sněhové masy směrem po svahu vlivem vysokého zvodnění v důsledku vydatných dešťových srážek. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 8. 6. a celkový průměr za sledované

období byl 57 cm (37 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 8. 5. a celkový průměr za sezónu byl 36 cm (69 %). Na Luční boudě byl průměr za sezónu 65 cm. Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 126 dnů (79 %).

5. 8. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2010/2011

První sněhové srážky napadly 18. 10. 2010, avšak ještě došlo k jejich roztátí. Souvislá sněhová pokrývka se vyskytovala od 23. 11. 2010.

V první polovině prosince došlo k prudkému ochlazení (až o 12°C), na které v polovině období navázala obleva (nárůst teploty o 17°C) s dešťovými srážkami (8 mm), tu pak vystřídaly opět průměrné teploty -11 °C. Po celé období vanul západní až jižní vítr (7,5 m/s), krátkodobě přerušovaný větrem severním (nejdéle na 4 dny), který převíval sněhové srážky do závětrných partií Modrého sedla a na Čertovu louku ze Stříbrného hřbetu. Za období napadlo 127 cm sněhu. Na lokalitě Čertovy louky byla souvislá sněhová pokrývka a v nivační depresi bylo naměřeno maximum 190 cm sněhu (mapa 83). Na Modrém sedle bylo naměřeno 105 cm v akumulární oblasti pod svívanou hranou Modrého dolu, která byla bez sněhové pokrývky (mapa 89).

Začátek ledna ovlivnila obleva (nárůst teploty o 12°C), kterou vystřídaly silné mrazy (v průměru -12 °C) doprovázené severním větrem, další obleva pak nastala v polovině cyklu (nárůst teploty o 13 °C). Po většinu období vanul západní až jižní vítr, který na konci cyklu vystřídal vítr severní. Za období připadlo 70 cm sněhu. Docházelo k hromadění sněhu v nivační depresi Čertovy louky (225 cm) a na celém jejím povrchu, s výjimkou prameniště ve spodní části, kde došlo k redukci sněhové pokrývky táním a svíváním sněhu (mapa 84). Na Modrém sedle se již nacházela souvislá sněhová pokrývka, avšak v hřbetové partii došlo v důsledku svívání sněhu k jejímu úbytku (mapa 90).

Průměrná v únoru byla -6 °C a nedocházelo k výrazným oblevám. Sněhové srážky byly odnášeny a větrné proudění bylo velice proměnlivé. V nivační depresi na Čertově louce byla v tomto období naměřena nejvyšší hodnota mocnosti sněhové pokrývky 270 cm z celé zimy 2010/2011 a vzhledem k výraznému nárůstu sněhové pokrývky byla zaznamenána i její nejvyšší průměrná mocnost 126 cm (mapa 85). Na Modrém sedle přibyl sníh pouze ve vrcholové partii a na JZ okraji, na ostatních částech došlo k mírnému úbytku. Sněhová pokrývka Modrého sedla má nejvyšší průměrnou mocnost za celou sezónu, s maximem 110 cm v akumulární oblasti (mapa 91).

Březen teplotně navázal na předešlý měsíc, průměrnou teplotu $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. V závěru období došlo k prudkému oteplení ($1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) a k vydatným dvoudenním dešťovým srážkám v průměru ($14,9\text{ mm}$). Sněhové srážky byly nulové. Na obou sledovaných lokalitách docházelo k výraznému výškovému odtávání. Na Čertově louce byla stále souvislá vrstva sněhu (mapa 86), zatímco na Modrém sedle došlo již k odtání terénní hrany svahu (mapa 92).

Průměrná teplota v dubnu byla již $+1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, dešťové srážky byly až na výjimku (14. 4. 2011 - $11,4\text{ mm}$) málo vydatné, avšak pravidelné, a docházelo tak k dalšímu tání sněhové pokrývky. Sněhové srážky byly v tomto období podprůměrné (31 cm). Na Čertově louce došlo místy k úplnému vytání sněhové pokrývky a k celkovému poklesu výšky sněhu (foto 1; mapa 87). Sněhová pokrývka se zachovala pouze v okolí nivačních depresí. Na Modrém sedle přetrvaly poslední zbytky sněhové pokrývky v klečovém porostu ve vrcholové partii a také v akumulacní oblasti pod terénní hranou, kde došlo i k malému přírůstku její mocnosti (mapa 93).

V květnu dosáhla průměrná teplota $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak od 3. - 5. 5. 2011 došlo k ochlazení ($-5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a napadnutí 28 cm sněhu, který však vlivem následného oteplení a dešťových srážek brzy roztál. Převládal slabý jižní vítr. Modré sedlo bylo již bez sněhové pokrývky (foto 3) a na Čertově louce se nacházela pouze dvě malá sněhová pole v oblasti nivační deprese (foto 2; mapa 88) s maximální hloubkou 135 cm . Vzhledem k dalším vydatným dešťovým srážkám a vysokým teplotám se při následujícím měření na Čertově louce 29. 5. 2011 nacházel pouze malý sněžník ($2,5 \times 3\text{ m}$), který odtál brzy po posledním měření.

V sezóně 2010/2011 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 64 cm , na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - duben 34 cm a na Luční boudě 64 cm (tab. 8). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 122 dnů (od 23. 11. 2010 do 25. 3. 2011).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | | Luční bouda |
|--|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|-------------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr | výška |
| zima 2010/2011 | 22.12.2010 | 190 | 30 | 90 | 105 | 0 | 41 | 76 |
| | 22.1.2011 | 225 | 40 | 109 | 110 | 5 | 39 | 82 |
| | 18.2.2011 | 270 | 45 | 126 | 110 | 10 | 50 | 98 |
| | 23.3.2011 | 225 | 10 | 88 | 100 | 0 | 29 | 70 |
| | 22.4.2011 | 170 | 0 | 27 | 55 | 0 | 13 | 0 |
| | 19.5.2011 | 135* | 0 | 5* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 29.5.2011 | 25* | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 177 | 18 | 64 | 96 | 3 | 34 | 64 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 8: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2010/2011

V sezóně 2010/2011 bylo maximum sněhové pokrývky 270 cm (47 %), nejvyšší minimum 45 cm (28 %) a nejvyšší průměr 126 cm (43 %) na Čertově louce naměřen 18. 2. Poslední měření se souvislou sněhovou pokrývkou bylo provedeno 23. 3. Na Modrém se maximum 110 cm (37 %) vyskytovalo již od 22. 1. a zachovalo se do 18. 2., kdy proběhlo poslední měření se souvislou sněhovou pokrývkou a nejvyšším minimem 10 cm (29 %). Luční boudě 64 cm. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 29. 5. a celkový průměr za sledované období byl 64 cm (41 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 22. 4. a celkový průměr za sezónu byl 34 cm (65 %). Na Luční boudě byl průměr za sezónu 64 cm. Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 122 dnů (77 %).

5. 9. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2011/2012

Velmi malé úhrny sněhových srážek (1-2 cm) se vyskytly již v průběhu října. První srážky, které vytvořily dlouhotrvající sněhovou pokrývku, napadly 5. 12. 2011. Do prvního měření, které proběhlo 17. prosince, převládaly teploty v průměru -4,6 °C a západní vítr přes 10 m/s. Tyto faktory ovlivnily akumulaci sněhové pokrývky na Čertově louce (mapa 94), kde se soustředila do 3 depresí (max. 240 cm v centrální), i na Modrém sedle (mapa 102), kde byly sněhové srážky zachyceny porosty kleče a byly tak akumulovány v hřbetové oblasti. Na Luční boudě bylo naměřeno 55 cm sněhu.

Od 5. do 9. ledna došlo k výrazným sněhovým srážkám, které v průběhu vypadávání převírány severozápadním větrem o síle v průměru 13 m/s a byly tak ukládány do depresí především na Čertově louce. Na Čertově louce došlo k výraznému navýšení maxima (550 cm) sněhové pokrývky v centrální nivační depresi, avšak ve spodní části lokality bylo

naměřeno pouze 80 cm (mapa 95). Na Modrém sedle bylo maximum (130 cm) soustředěno do akumulční oblasti pod terénní hranu (mapa 103). Na Luční boudě se nacházelo 115 cm sněhu.

Do konce ledna byly severním větrem přinášeny další významné sněhové srážky, začátek února byl významný z hlediska velmi nízkých teplot (5. února -23,2 °C) a také vysokými úhrny sněhových srážek (15. února 14,4 mm). Při měření 18. 2. 2012 tak bylo ve středu centrální nivační deprese na Čertově louce naměřeno absolutní maximum všech provedených měření 570 cm, oproti předchozímu měření bylo maximum posunuto S směrem (mapa 96). Byla také zaznamenána nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky (284 cm) a nejvyšší minimum (140 cm) v této zimě. Na Modrém sedle byla akumulace opět soustředěna pod terénní hranu (mapa 104). Luční bouda dosáhla sezónního maxima 210 cm.

Do 17. března došlo při přetrvávajícím severním proudění, ke snížení maximální výšky sněhové pokrývky na obou lokalitách, ale rozložení zůstalo stejné jako při předchozím měření. Průměrná výška sněhu na Čertově louce (254 cm) byla vyšší než v lednovém termínu (mapa 97). Na Modrém sedle již odtála terénní hranu (mapa 105). Na Luční boudě bylo zaznamenáno 169 cm.

Do 14. dubna docházelo k pozvolnému přesunu větrného proudění od severního k severozápadnímu až západnímu. Vlivem teplot pohybujících se okolo 0 °C a zvýšenému oslunění došlo k odtání sněhové pokrývky na obou lokalitách. Na Čertově louce byla však stále výrazná sněhová akumulace (mapa 98), naopak na Modrém sedle došlo již k výraznému a sněhové akumulace se soustředily do klečových porostů a pod terénní hranu (mapa 106). Na Luční boudě bylo naměřeno 154 cm.

Vlivem přílivu teplého větrného proudění od jihu (teploty přes 10 °C) bylo 10. května zaznamenáno výrazné odtání v oblasti Čertovy louky, kde odtála spodní část lokality a maximum bylo soustředěno do protáhle akumulace v S-J směru v centrální nivační depresi, kde se vytvořil sněhový amfiteátr (mapa 99; foto 5), menší akumulace pak byla ve svrchní části svahu (foto 4). Na Modrém sedle ani Luční boudě se již žádná sněhová pokrývka nevyskytovala.

24. května tak byla všechna sněhová pokrývka soustředěna do sněhového pole v centrální nivační depresi, s maximem v jejím středu (160 cm) a dvou menších sněhových polí v S-J směru (mapa 100; foto 6 a 7).

7. června 2012 byla sněhová pokrývka soustředěna pouze do jednoho malého sněhového pole ve středu Čertovy louky (mapa 101; foto 8 a 9). Při následné kontrole 22. 6. 2012 se na lokalitě nevyskytovala již žádná sněhová pokrývka (foto 15).

V sezóně 2011/2012 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 149 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - duben 36 cm a na Luční boudě 128 cm (tab. 8). Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě trvala 131 dnů (od 5. 12. 2011 do 14. 4. 2012).

| lokalita datum měření | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | | Luční bouda |
|--------------------------|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|-------------|
| | | max | min | průměr | max | min | průměr | výška |
| zima 2011/2012 | 17.12.2011 | 240 | 30 | 109 | 100 | 10 | 42 | 55 |
| | 15.1.2012 | 550 | 80 | 217 | 130 | 0 | 43 | 115 |
| | 18.2.2012 | 570 | 140 | 284 | 150 | 10 | 41 | 210 |
| | 17.3.2012 | 485 | 120 | 254 | 115 | 0 | 27 | 169 |
| | 14.4.2012 | 460 | 80 | 227 | 80 | 0 | 27 | 154 |
| | 10.5.2012 | 330 | 0 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 24.5.2012 | 160 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 7.6.2012 | 140* | 0 | 8* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| průměr za sezónu | | 361 | 90 | 149 | 115 | 4 | 36 | 128 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 9: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2011/2012

V sezóně 2011/2012 bylo naměřeno absolutní maximum sněhové pokrývky za celé měřené období. 18. 2. 2012 byla na Čertově louce ve středu nivační deprese naměřena mocnost 570 cm, v tomto období bylo také dosaženo vysoké průměrné výšky 284 cm (98 %) a vysoké minimální výšky 140 cm (88 %) sněhové pokrývky na této lokalitě. Souvislá sněhová pokrývka se vyskytovala do 14. 4. Na Modrém sedle bylo 18. 2. (poslední souvislá sněhová pokrývka) naměřeno 150 cm (50 %) a byl zaznamenán vyrovnaný průměr (42, 43 a 41 cm; 44 %) v průběhu prvních třech měření. Na Luční boudě bylo také 18. 2. naměřeno maximum 210 cm. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 7. 6. a celkový průměr za sledované období byl 149 cm (96 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 14. 4. a celkový průměr za sezónu byl 36 cm (69 %). Na Luční boudě byl zaznamenán nejvyšší průměr 128 cm (bylo zachyceno celé období výskytu). Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 131 dnů (82 %).

5. 10. Sněhové poměry studovaných lokalit v sezóně 2012/2013

První sněhové srážky suchého prachového sněhu (teplota -8°C) na stanici Luční bouda byly zaznamenány 26. 10. 2012, následující den pak byli nejintenzivnější a dosáhly 21 cm. Následující dny byly převívány JV větry po hřbetech hor a akumulovány do depresí a závětrí (foto 10). Tyto srážky však na většině míst vlivem zvýšených teplot do konce druhé listopadové dekády roztály. Počátkem prosince došlo k výraznému ochlazení (-10°C) a sněhové srážky, které napadly, již vytvořili souvislou sněhovou pokrývkou, která byla formována západními větry.

První měření proběhlo 8. prosince a byla zaznamenána anomálie, na Modrém sedle dosahovalo maximum ve svrchní části lokality o 30 cm více než na Čertově louce a průměrná výška sněhové pokrývky byla srovnatelná na obou lokalitách (mapa 107 a 114; foto 11 a 12). Na Luční boudě byla naměřena výška sněhové pokrývky 22 cm.

V průběhu chladného prosince (-12°C) prosince nedocházelo k výrazným úhrnům sněhových srážek a tak 26. prosince dosahovalo maximum na obou lokalitách 95 cm. Na Čertově louce došlo k akumulaci sněhu v oblasti nivační deprese (mapa 108), zatímco na Modrém sedle byla rozšířena stávající akumulace v klečovém porostu v hřbetové části lokality (mapa 115). Výška sněhové pokrývky na Luční boudě byla 27 cm.

V lednovém období docházelo k častým vpádům ledového severního větru (16 m/s) a také občasným srážkám. 29. ledna bylo na Čertově louce zaznamenáno maximum 210 cm, které se již nacházelo v oblasti centrální nivační deprese (mapa 109). Na Modrém sedle se maximum (150 cm) přesunulo pod terénní hranu do akumulační oblasti (mapa 116). Výška sněhové pokrývky na Luční boudě byla 76 cm.

V průběhu února převažoval severní vítr, který přinesl nízké teploty (pod -13°C) a vydatné sněhové srážky (19. a 20. února 20 cm), které tak vlivem předchozího zmrznutí sněhové pokrývky byly snadno odnášeny a ukládány do centrální nivační deprese na Čertově louce (mapa 110), kde vytvořily sezónní maximum 260 cm (25. 2. 2013); a především pod terénní hranu Modrého sedla do oblasti nivační deprese v akumulační části lavinové dráhy (mapa 117), kde bylo naměřeno maximum 300 cm (25. 2. 2013). Průměrná výška sněhu na Čertově louce dosahovala 165 cm a na Modrém sedle 97 cm a bylo tedy dosaženo sezónních maxim. Na Luční boudě bylo naměřeno 140 cm sněhu.

V březnu stále dominoval severní až severovýchodní vítr, ke kterému se na konci března přidaly sněhové srážky a velmi nízké teploty (pod -16°C). Na Čertově louce došlo

k ztenčení sněhové pokrývky a k její akumulaci ve třech rovnoběžných pásmech v S-J směru (mapa 111). Na Modrém sedle nedošlo k výraznému úbytku sněhu vzhledem k vydatnému zásobování akumulční oblasti větrným prouděním (mapa 118). Na Luční boudě bylo naměřeno 140 cm sněhu.

V dubnu již nedošlo k výraznějšímu úhrnu sněhových srážek, nízké teploty ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) vystřídaly v druhé polovině dubna teploty nad $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vydatné srážky (11. dubna 12,2 mm). Ustálilo se větrné proudění ze západního až jihozápadního kvadrantu. Na Čertově louce bylo naměřeno maximum 125 cm, které se soustředilo do akumulace v centrální depresi protažené v S-J směru (mapa 112). Na Modrém sedle bylo naměřeno maximum (125 cm) ve spodní části lokality, do které zasahuje sněhové pole v nivační depresi pod terénní hranou, v ostatních částech lokality se již sněhová pokrývky nevyskytovala (mapa 119). Na Luční boudě bylo naměřeno 25 cm sněhu.

Vlivem zvýšení teploty ($8\text{ }^{\circ}\text{C}$), vysokým úhrnům srážek (11. května 20,7 mm), dochází k odtání většiny sněhové pokrývky na obou lokalitách. Na Čertově louce se 13. května vyskytují již jen dvě malá sněhová pole v oblasti centrální deprese, kde jedno má maximální mocnost 130 cm (mapa 113; foto 13). Do lokality Modrého sedla zasahuje již jen malá část sněhového pole a je zde naměřeno maximum 110 cm (mapa 120; foto 14).

Při kontrole 30. května 2013 se ani na jedné lokalitě nevyskytovala sněhová pokrývky. Na Modrém sedle bylo sněhové pole, ale vyskytující se již pod studovanou oblastí.

V sezóně 2012/2013 dosáhla průměrná výška sněhu na Čertově louce hodnoty 76 cm, na Modrém sedle byl celkový průměr za období prosinec - květen 48 cm a na Luční boudě 86 cm (tab. 10). Souvislá sněhová pokrývky na Luční boudě trvala 141 dnů (od 30. 11. 2012 do 20. 4. 2013).

| <div> <div>lokalita</div> <div>datum měření</div> </div> | | Čertova louka | | | Modré sedlo | | | Luční bouda |
|--|------------|---------------|-----|--------|-------------|-----|--------|-------------|
| | | Max | min | průměr | max | min | průměr | výška |
| zima 2012/2013 | 8.12.2012 | 60 | 15 | 37 | 90 | 5 | 39 | 22 |
| | 26.12.2012 | 95 | 20 | 44 | 95 | 5 | 45 | 27 |
| | 29.1.2013 | 210 | 65 | 110 | 150 | 10 | 65 | 76 |
| | 25.2.2013 | 260 | 110 | 165 | 300 | 15 | 97 | 140 |
| | 29.3.2013 | 220 | 70 | 137 | 280 | 10 | 79 | 140 |
| | 29.4.2013 | 125 | 0 | 32* | 125 | 0 | 5 | 25 |
| | 13.5.2013 | 130* | 0 | 4* | 110* | 0 | 3* | 0 |
| průměr za sezónu | | 157 | 40 | 76 | 164 | 6 | 48 | 86 |

* naměřeno s využitím pomocných bodů

Tabulka 10: Sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2012/2013

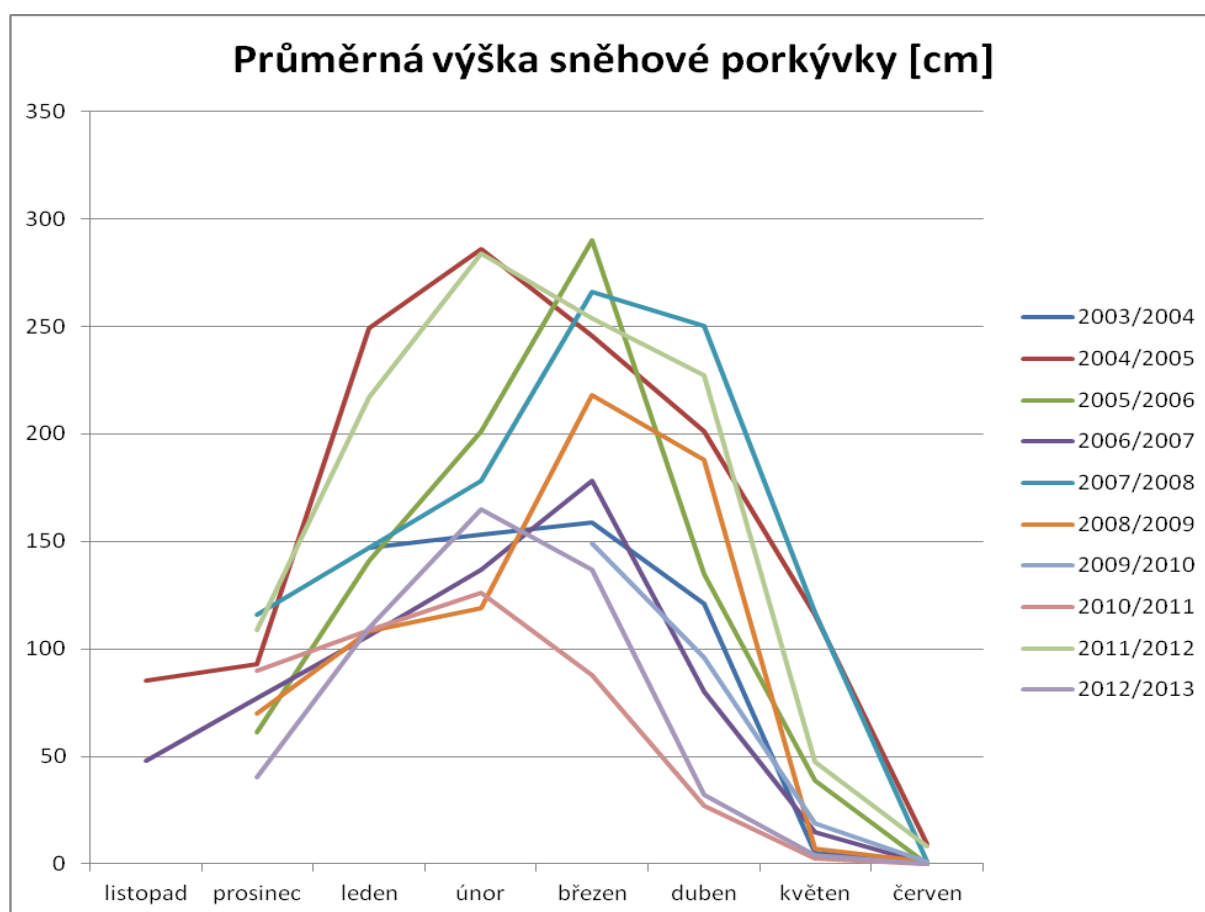
Sněhové poměry v sezóně 2012/2013 výrazně poznamenalo převládající větrné proudění od severu, které přineslo výrazně nízké teploty, které následně způsobily promrznutí dřívě napadlé svrchní vrstvy sněhové pokrývky. Nové sněhové srážky tak byly odváty z hřbetových partií do závětrných depresí. Absolutní maximum za dobu pozorování 300 cm bylo změřeno na Modrém sedle pod terénní hranou v akumulační části lavinového svahu 25. 2. 2013, ve stejném datu bylo naměřeno i maximum na Čertově louce 260 cm (46 %). K tomuto datu byl zaznamenán sezónně nejvyšší průměr sněhové pokrývky na Čertově louce 165 cm (57 %), minimum 110 cm (69 %) a absolutní maximum průměru za dobu pozorování 97 cm na Modrém sedle. Na obou lokalitách se souvislá sněhová pokrývka vyskytovala do 29. 3. Poslední měření na Čertově louce bylo provedeno 13. 5. a celkový průměr za sledované období byl 76 cm (49 %). Na Modrém sedle proběhlo poslední měření 29. 3. a celkový průměr za sezónu byl 48 cm (92 %). Na Luční boudě byl průměr za sezónu 86 cm. Souvislá sněhová pokrývka se na Luční boudě vyskytovala 141 dnů (87 %).

5. 11. Meziroční srovnání průměrů, meziroční a meziměsíční variabilita

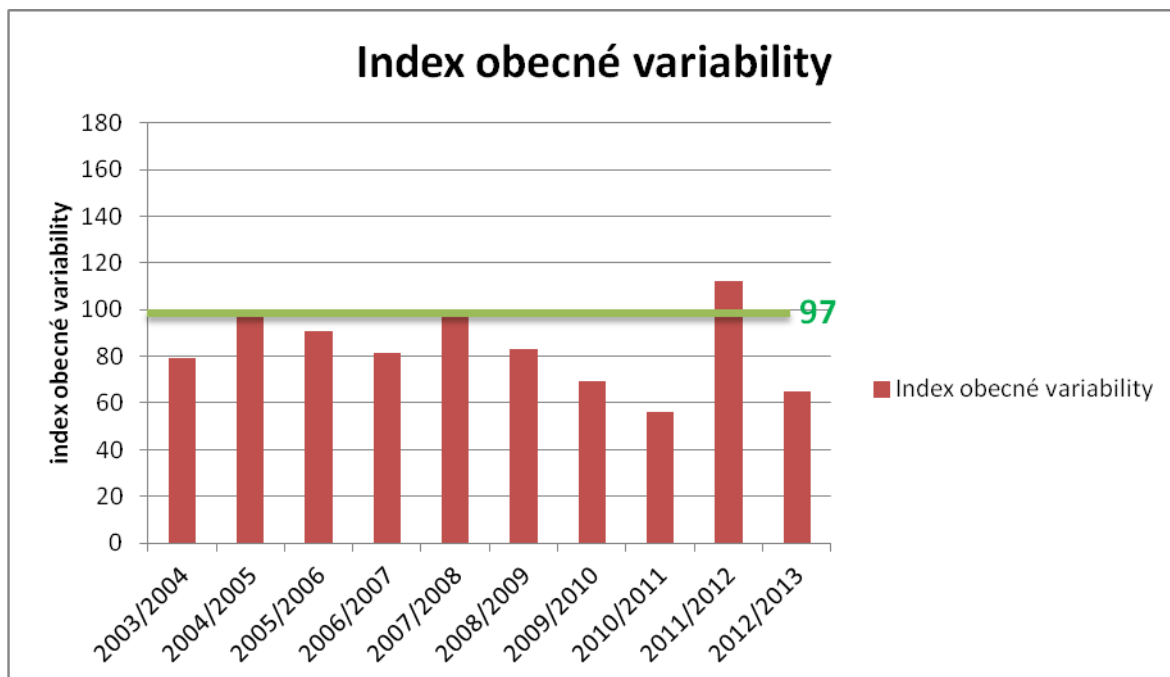
Nejvyšších průměrů výšky sněhové pokrývky na Čertově louce bylo dosaženo v sezónách 2004/2005, 2011/2012 v únoru a 2005/2006, 2003/2004 v březnu. Tyto zimy tak byly z hlediska sněhových podmínek na této lokalitě nadprůměrné. Nižší průměrné výšky bylo dosaženo v roce 2008/2009. Ve zbývajících sezónách bylo dosaženo podprůměrných hodnot výšky sněhové pokrývky a zimy tak byly z hlediska sněhových podmínek podprůměrné. Zima s nejnižší průměrnou výškou sněhové pokrývky byla v sezóně 2010/2011 (graf 2).

Meziroční variabilita na Čertově louce byla nejvyšší v sezóně 2011/2012 (112), kdy je to způsobeno vysokými hodnotami průměrné (graf 3) i absolutní výšky sněhové pokrývky. Průměru dosahují ještě hodnoty pro sezónu 2004/2005 (98) a 2007/2008 (97). Nejnižší variabilita nastala v sezóně 2010/2011 (56), kdy byla zaznamenána zima s nejnižší průměrnou výškou sněhové pokrývky a křivka grafu průměrné výšky sněhové pokrývky vykazuje nejmenší šikmost (graf 2 a 3). Meziroční variabilita sněhové pokrývky tedy na Čertově louce úzce souvisí s průměrnou hodnotou výšky sněhové pokrývky. Index obecné variability za celé období sezón 2003/2004 až 2012/2013 se rovná 97.

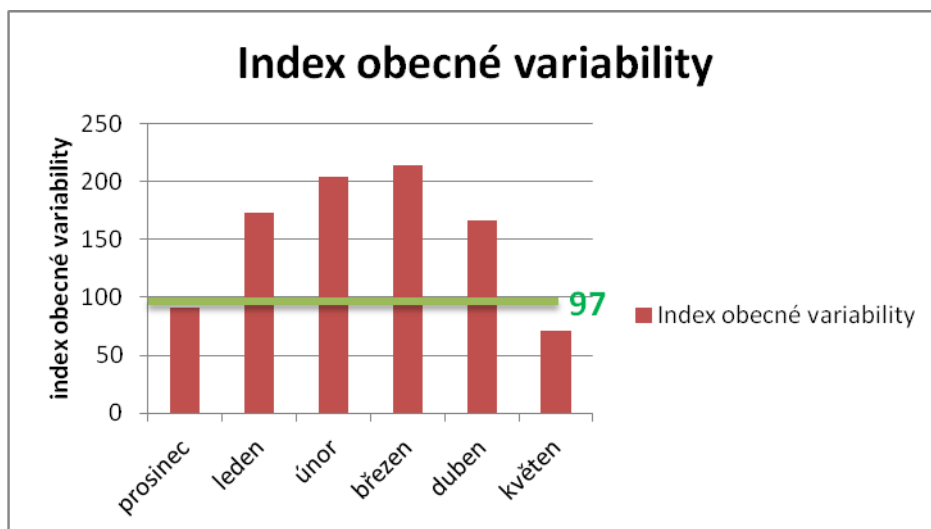
Index obecné variability za jednotlivé měsíce dosahuje podprůměrných hodnot na počátku a na konci zimní sezóny (prosinec 91 a květen 72), nejvyšších pak v únoru (204) a březnu (215) (graf 4).



Graf 2: Průměrná výška sněhové pokrývky na Čertově louce v sezónách 2003-2013



Graf 3: Hodnota Indexu obecné variability na Čertově louce v sezónách 2003-2013



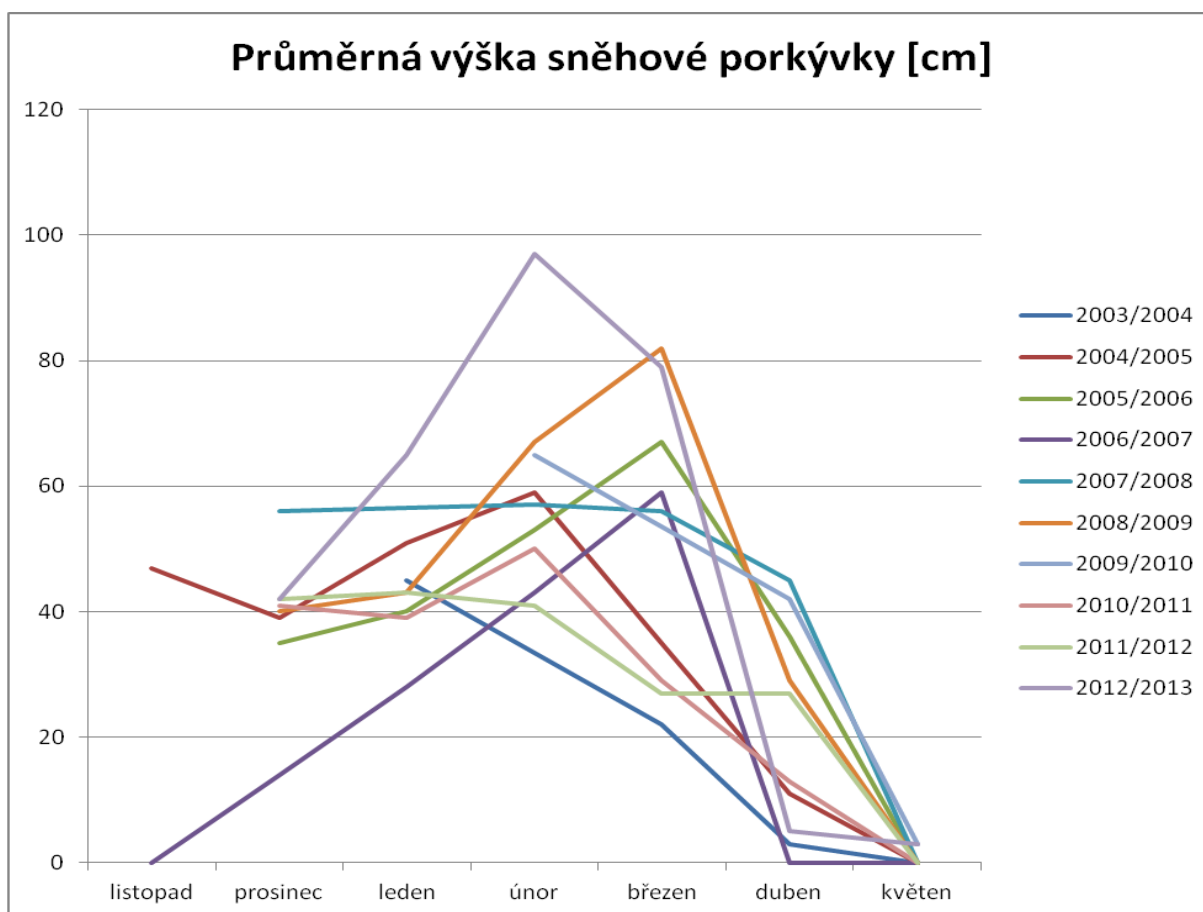
Graf 4: Hodnota indexu variability za jednotlivé měsíce na Čertově louce za období 2003-2013

Nejvyšších hodnot průměrů výšky sněhové pokrývky na Modrém sedle bylo dosaženo v zimě 2012/2013, vyšší hodnoty byly zaznamenány i v sezóně 2008/2009. Tyto zimy tak byly z hlediska sněhových poměrů nadprůměrné. Ostatní hodnoty průměru výšky sněhové

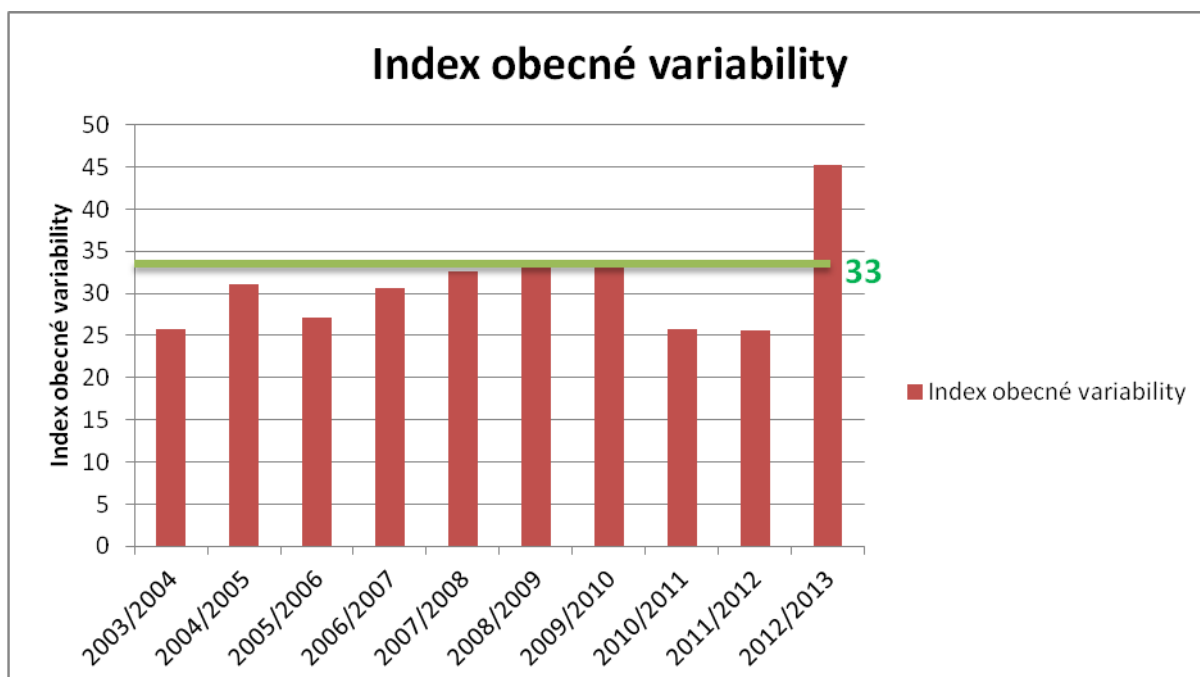
pokrývky jsou srovnatelné. Minimálních hodnoty průměrné výšky sněhové pokrývky vykazuje sezóna 2003/2004 (graf 5).

Meziroční variabilita na Modrém sedle byla nejvyšší v sezóně 2012/2013 (45), kdy je to způsobeno vysokými hodnotami průměrné (graf 6) i absolutní výšky sněhové pokrývky. Průměru dosahují ještě hodnoty pro sezónu 2008/2009 a 2009/2010 (obě 33). Nejnižší variabilita nastala v sezóně 2010/2011 a 2011/2012 (obě 26), kdy byla zaznamenány zimy s nejnižší průměrnou výškou sněhové pokrývky a křivka grafu průměrné výšky sněhové pokrývky vykazuje nejmenší strmost (graf 5 a 6). Meziroční variabilita sněhové pokrývky tedy na Modrém sedle úzce souvisí s průměrnou hodnotou výšky sněhové pokrývky. Index obecné variability za celé období sezón 2003/2004 až 2012/2013 se rovná 33.

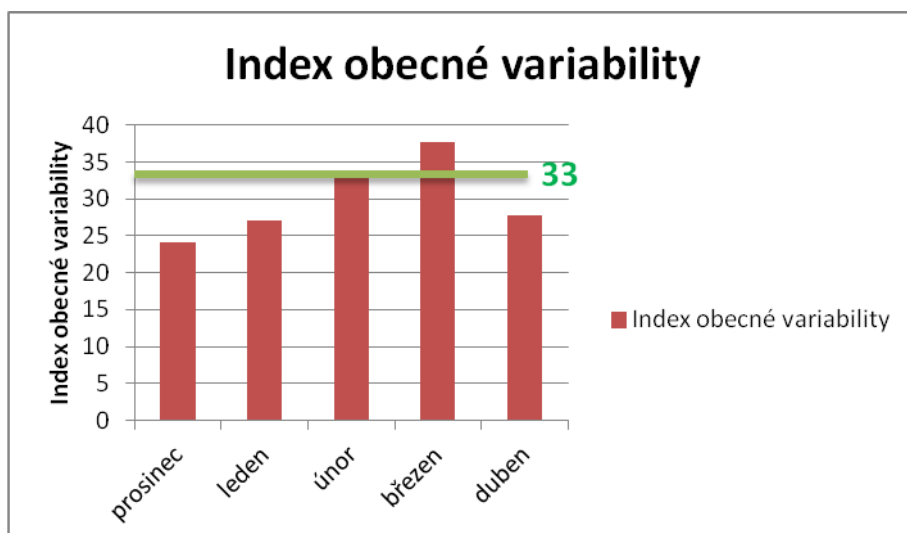
Index obecné variability za jednotlivé měsíce má vzrůstající tendenci. Od minima v prosinci (24) až k březnovým hodnotám indexu přesahujících průměrnou hodnotu za celé období (38). Dubnové hodnoty indexu odpovídají lednovým (graf 7)



Graf 5: Průměrná výška sněhové pokrývky na Modrém sedle v sezónách 2003-2013



Graf 6: Hodnota Indexu obecné variability na Modrém sedle v sezónách 2003-2013



Graf 7: Hodnota indexu variability za jednotlivé měsíce na Modrém sedle za období 2003-2013

5. 12. Prostorová variabilita

Hodnocení vyšších a nižších hodnot je vždy vztaženo ke konkrétní lokalitě a datu.

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2003/2004 byla nejvyšší ve spodní části nivační deprese, kde index obecné variability dosahoval 57 (42 % z maximální vypočtené hodnoty indexu obecné variability na Čertově louce za sledované období), ve spodní části lokality dosahovaly hodnot okolo 25. Minima (11-12) byla rozprostřena

rovnoměrně na celé lokalitě (mapa 121). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu v oblasti nivační deprese v pod terénní hranou 52 (44 % z maximální hodnoty indexu obecné variability na Modrém sedle za sledované období), ve hřbetové oblasti byly hodnoty (24-28), nejnižší pak v oblasti terénní hrany (2-6) (mapa 131).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2004/2005 byla nejvyšší ve střední části nivační deprese, kde index dosahoval 101 (73 %), vysoké hodnoty indexu byly zaznamenány v celé horní části v okolí nivační deprese (85-90). Nejnižší v dolní části lokality v klečovém porostu (41-47) (mapa 122). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve hřbetové oblasti 41 (35 %), ve hřbetové oblasti byly hodnoty (30-40), nejnižší pak v oblasti terénní hrany (15-22) (mapa 132).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2005/2006 byla nejvyšší v severní části nivační deprese, kde index dosahoval 91 (66 %), vysoké hodnoty indexu byly zaznamenány v celé horní části v okolí nivační deprese (71-82) a nejnižší v dolní části lokality v klečovém porostu (31-37) (mapa 123). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu nejnižší části pod terénní hranou 59 (50 %), vyšší hodnoty byly na hřbetové části (22-31), nejnižší na terénní hraně (10-15) (mapa 133).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2006/2007 byla nejvyšší v severní části nivační deprese, kde index dosahoval 79 (58 %). Nejnižších dosahovali v celé spodní části lokality (15-26) (mapa 124). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve hřbetové oblasti, těsně u terénní hrany 51 (35 %), nejnižších hodnot dosahovala variabilita na terénní hraně (7-9) (mapa 134). Nulové hodnoty na hřbetu se vyskytly důvodu nedostačeného počtu měření v této sezóně.

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2007/2008 byla nejvyšší ve střední části nivační deprese, kde index dosahoval 121 (88 %), vysoké hodnoty indexu byly zaznamenány severně od tohoto bodu v okolí nivační deprese (106). Nejnižší hodnoty indexu byly vypočítány v dolní části lokality v klečovém porostu (26-31) (mapa 125). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v oblasti nivační deprese pod terénní hranou, 71 (61 %), vyrovnaná střední hodnota byla v hřbetové části (30-31), nejnižší na terénní hraně (2-6) (mapa 135).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2008/2009 byla nejvyšší v severní části nivační deprese, kde index dosahoval 88 (64 %), další hodnoty indexu byly nižší v celé lokalitě (38-50), zvláště v okrajových částech a v dolní části lokality v klečovém porostu

(29-32) (mapa 126). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v nivační depresi pod terénní hranou 81 (69 %), plošná variabilita na ostatních částech lokality byla vyrovnaná (27-35), malý pokles nastal na terénní hraně (14-17) (mapa 136).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2009/2010 byla plošně velice nízká (vlivem nízkého počtu měření), nejvyšších hodnot dosahovala ve střední části nivační deprese, kde index dosahoval 52 (38 %), další hodnoty indexu byly nižší v celé lokalitě (25-33), zvláště v okrajových částech a v v dolní části lokality v klečovém porostu (16-22) (mapa 127). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v nivační depresi pod terénní hranou 76 (65 %), plošná variabilita na ostatních částech lokality byla vyrovnaná (27-36), na terénní hraně (2-5) (mapa 137).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2010/2011 byla plošně velice nízká kdy nejvyšší hodnota indexu v severní části nivační deprese dosahovala 64 (47 %), další hodnoty indexu byly nižší v celé lokalitě (33-37), zvláště v okrajových částech a v v dolní části lokality v klečovém porostu (18) (mapa 128). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v nivační depresi pod terénní hranou 45 (38 %), plošná variabilita na ostatních částech lokality byla nízká a vyrovnaná (22-29), další pokles nastal na terénní hraně (7-9) (mapa 138).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2011/2012 dosahovala v celé horní části lokality hodnot (103-1a14), nejvyšší byla severní části nivační deprese, kde index dosahoval maxima 137 (100 %) nejnižší hodnoty byly vypočítány v dolní části lokality v klečovém porostu (31-36) (mapa 129). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v nivační depresi pod terénní hranou 54 (46 %), plošná variabilita na ostatních částech lokality byla velice nízká a vyrovnaná (19-25), pokles byl v okrajových oblastech a na terénní hraně (5-9) (mapa 139).

Prostorová variabilita na Čertově louce v sezóně 2012/2013 dosahovala plošně na celé lokalitě 33-36 a nejvyšší hodnota indexu byla 57 (64 %), u bodu v horní části nivační deprese na jejím severním okraji. Další hodnoty indexu byly nižší v celé lokalitě, nelišili se však hodnoty z okrajových částí a spodní části s klečovými porosty (29-33) (mapa 130). Na Modrém sedle byla nejvyšší hodnota indexu ve spodní části v nivační depresi pod terénní hranou 117 (100 %), vysoké hodnoty indexu byly rozšířeny i do vyšších částí terénní hrany (35-53) a plošně až na několik vyfoukávaných bodů (6) vykazovaly velice vysoké hodnoty indexu (43-50) (mapa 140).

Hodnoty indexu prostorové variability úzce korelovali s hodnotami výšky sněhové pokrývky, kdy nejvyšších hodnot indexu bylo dosaženo v severní části nivační deprese u Čertovy louky a pod terénní hranou na Modrém sedle. Také minima odpovídala rozmístění minim výšky sněhové pokrývky, oblasti klečových porostů na Čertově louce a terénní hraně na Modrém sedle. Obecně dosahoval index obecné variability nižších hodnot na Modrém sedle než na Čertově louce (až na sezónu 2011/2012).

6. DISKUZE

Při meziročním srovnání naměřených dat, lze vybrat několik stálých trendů rozmístění sněhové pokrývky pro obě sledované lokality průběhu zimního období, na které již upozorňovali Janásková (2005), Horáčková (2009) a Tryzna (2011). I přes větrné proudění odlišující se od obvyklých směrů, mělo zjištěné rozmístění sněhu na lokalitách stále stejný charakter, vyznačující se pravidelným rozmístěním minimálních a maximálních mocností sněhu. Desetileté měření potvrdilo také dlouhodobě převažující charakter ukládání a odbourávání sněhu na lokalitách (Janásková 2005, Horáčková 2009, Tryzna 2011). Největší mocnosti sněhu byly na lokalitě Čertovy louky zaznamenávány v centrální nivační depresi, kdy docházelo k posunu maximálních hodnot pouze uvnitř deprese. Maximální hodnota výšky sněhové pokrývky v této depresi byla 570 cm (mapa 96). Jedná se také o místo, kde nejdéle přetrvává sněhové pole (do 20. 6. 2008, 227 dní, mapa 56). Nízké mocnosti sněhové pokrývky byly naopak sledovány ve spodní části lokality v oblasti klečových porostů. Na Modrém sedle byla potvrzena koncentrace minimálních hodnot v blízkosti terénní hrany, kde bylo v maximu naměřeno 35 cm sněhu (mapa 73).

Ostatní trendy vyplývající z desetiletého výzkumu, nejsou signifikantní do takové míry jako předchozí uvedené. Vykazují určité ustálené charakteristiky, avšak lze u nich pozorovat změny v meziročním srovnání jednotlivých zimních sezón např. ve vlivu ukládání sněhu v klečových porostech na počátku zimního období a na jeho konci; v datech dosažení sezónního maxima, nejvyšší minimální výšky i nejvyššího průměru; v amplitudách jednotlivých měření; délce trvání souvislé sněhové pokrývky a sněhových polí; u celkových hodnot nejvyšší průměrné výšky; v prostorové a meziroční variabilitě za jednotlivé zimy; i vzájemné závislosti obou lokalit.

Na počátku zimního období při formování a ukládání sněhových akumulací z vypadávajících sněhových srážek se nejvíce projevuje vliv klečových porostů na hřbetové

části Modrého sedla, které tyto srážky zachytávají a ukládají (mapy 24, 39, 49, 70, 89, 102, 114), tento efekt potvrzuje vliv klečových porostů, již dříve popsany na polské části Krkonoš (Kwiatkowski, Lucerski 1979). Na Čertově louce počátkem zimy převažuje ukládání v centrální části nivační deprese. Vliv klečových porostů se v probíhajícím zimním období, v případě jejich uložení pod firnovou vrstvu sněhové pokrývky, výrazně snižuje. Vliv při odtávání sněhové pokrývky je zřejmý, ale již ne tak výrazný jako na počátku zimního období.

V Krkonoších je uváděno dosahování maxima sněhové pokrývky v březnu, před začátkem všeobecného tání (Coufal, Šebek 1969). V centrální nivační depresi (v roce 2009 bylo maximum naměřeno ve východní části této deprese; mapa 65) na Čertově louce bylo pozorováno dosažení maxima nejčastěji v únoru (5 případů – rok 2005, 2007, 2011, 2012, 2013) a následně v březnu (3 případy – rok 2006, 2009, 2010) a dubnu (2 případy – rok 2004 a 2008). Maxima jsou v 7 případech (kromě roků 2004, 2007, 2008) spojena i s nejvyšší minimální výškou, která se vyskytuje v dolní části svahu v pramenné oblasti Stříbrné bystřiny, a nejvyšším průměrem výšky sněhové pokrývky. V 9 případech měření (kromě zimy 2003/2004) je nejvyšší průměrné výšky sněhové pokrývky dosaženo společně s nejvyšším minimem. Za více ovlivňující faktor průměrné výšky sněhové pokrývky na Čertově louce lze tedy považovat nejnižší hodnotu výšky sněhové pokrývky než její maximum. Nejvyšší mocnost sněhové pokrývky 570 cm byla na Čertově louce naměřena 18. 2. 2012 (mapa 96). Nejvyšší minimum 160 cm a průměr 286 cm byl naměřen 28. 2. 2005 (mapa 18).

Pod terénní hranou Modrého sedla v akumulární oblasti lavinové dráhy Modrého dolu (v roce 2005 a 2007 naměřeno maximum ve vrcholové části; mapa 28, 49 a 50), kde byla akumulována nejvyšší sněhová pokrývky, bylo maximum naměřeno nejčastěji také v únoru (7 případů – roky 2005 – 2007 a roky 2010 - 2013). Maxima jsou v 9 případech (mimo rok 2012, o 2 cm) spojena s nejvyšší průměrnou výškou sněhové pokrývky na lokalitě. Nejvyšší minimum vyskytující se v oblasti terénní hrany, která je velmi ovlivněna expozicí k jihu a především svíváním sněhové pokrývky z jejího povrchu. V případech výskytu nad 15 cm výšky sněhové pokrývky (3 případy – rok 2006, 2009, 2013; mapa 42, 73 a 117) nastává ve stejném datu jako maximální výška i maximální průměrná výška. Rozhodujícím faktorem průměrné výšky sněhové pokrývky na Modrém sedle je dosažené maximum. Maximum výšky sněhové pokrývky na Modrém sedle 300 cm bylo dosaženo 25. 2. 2013.

Lokalita Čertova louka se vzhledem k dosahovaným maximům vyznačuje výraznými amplitudami výšek sněhové pokrývky, kdy nejvyšší mocnosti jsou dosahovány v oblasti centrální nivační deprese a nejnižší pak na jejích okrajích a ve spodní části svahu

v pramenné oblasti. Nejvyšší amplituda mezi minimem a maximem dosahovala 11. 4. 2013 445 cm (mapa 54). I přes výskyt terénní hrany s velmi nízkou sněhovou pokrývkou, byla 25. 2. 2013 dosažena nejvyšší amplituda výšek na Modrém sedle 275 cm (mapa 117).

Tabulka 12 znázorňuje rozdíly v setrvání souvislé sněhové pokrývky na sledovaných lokalitách Čertovy louky, Modrého sedla a také na meteorologické stanici na Luční boudě. Nejpozději se souvislá sněhová pokrývka na Čertově louce vyskytovala 22. dubna 2005. V rozmezí 10. – 22. dubna byla zachycena souvislá sněhová pokrývka v 7 případech (mapy 6, 20, 36, 54, 66, 76, 95), v ostatních v březnu (rok 2007, 2011 a 2013; mapy 46, 86, 111). Nejkratší období se souvislou sněhovou pokrývkou ve vrcholových částech pohoří bylo zaznamenáno v zimní sezóně 1962/63 a to 104 dní, nejdelší pak v zimě 1974/75 a to 225 dní (Spusta sen., Spusta jun., Kociánová 2003b). Doba trvání souvislé sněhové pokrývky na Čertově louce se začleňuje do spodní části tohoto rozmezí. Nedochází u ní k zásadním výkyvům od průměru, který je 134 dní (minimum v sezóně 2010/2011 98 dní, maximum v sezóně 2007/2008 157 dní). Výskyt souvislé sněhové pokrývky na Modrém sedle je značně nevyrovnaný, vzhledem k malým mocnostem v oblasti terénní hrany. Nejkratší dobu se vyskytovala do 23. 1. 2005 (mapa 27), nejdéle pak do 10. 4. 2008 (mapa 43). Doba trvání souvislé sněhové pokrývky na Modrém sedle je také značně rozkolísaná, průměr je 102 dní, ale maximum ze sezóny 2007/2008 je 157 dní, kdy souvislá sněhová pokrývka trvala stejně dlouho dobu na obou lokalitách. Minimální dobou je 65 dní ze sezóny 2004/2005. Průměrná doba souvislé sněhové pokrývky na Luční boudě 131 koresponduje s hodnotou průměru na Čertově louce a největší výkyv nastal v sezóně 2006/2007 (68 dní).

| rok/sněhová pokrývka [dny] | první sníh | souvislá sněhová pokrývka Čl. | souvislá sněhová pokrývka Ms. | souvislá sněhová pokrývka Lb. | sněhová pokrývka Čl. | sněhová pokrývka Ms. | sněhová pokrývka Lb. |
|----------------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2003/2004 | 7.12.2003 | 135 | 88 | 118 | 183 | 143 | x |
| 2004/2005 | 19.11.2004 | 154 | 65 | 158 | 210 | 163 | x |
| 2005/2006 | 16.11.2005 | 145 | 145 | 159 | 183 | 145 | x |
| 2006/2007 | 16.11.2006 | 132 | x | 68 | 176 | 132 | x |
| 2007/2008 | 6.11.2007 | 157 | 157 | 141 | 227 | 189 | x |
| 2008/2009 | 18.11.2008 | 143 | 118 | 148 | 204 | 143 | x |
| 2009/2010 | 9.12.2009 | 128 | 61 | 126 | 181 | 150 | 128 |
| 2010/2011 | 23.11.2010 | 92 | 87 | 122 | 187 | 150 | 120 |
| 2011/2012 | 5.12.2011 | 131 | 75 | 131 | 185 | 131 | 131 |
| 2012/2013 | 1.12.2012 | 118 | 118 | 141 | 163 | 163 | 149 |
| průměr | | 134 | 102 | 131 | 190 | 151 | 132 |

Tabulka 12: Sněhové charakteristiky: první sníh, souvislá sněhová pokrývka na lokalitách Čertova louka, Modré sedlo a Luční bouda za období 2003-2013

Šebesta (1978) nazývá jako sněhová pole zbytky sněhové pokrývky, které zůstávají ležet dlouho do jara až léta. Nejdéle se sněhové pole, které se vždy vytváří v centrální depresi na Čertově louce, vyskytovalo do 20. 6. 2008 (mapa 56), v červnu se sněhové pole vyskytovalo celkem v 6 případech (2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2012; mapy 9, 24, 56, 69, 79, 101), ostatní sněhová pole roztála do konce května. Na Modrém sedle se nejdéle vyskytovala sněhová pokrývka (severní okraj akumulace v nivační depresi pod terénní hranou) v letech 2008 a 2013 zimách do 11. 5. (mapy 59, 120). Nejkratší dobu se sněhová pokrývka vyskytovala do 28. 3. 2007 (mapa 50). Na Luční boudě se nejdéle vyskytovala sněhová pokrývka při měření 29. 4. 2013.

Šebesta (1978), Kwiatkowski, Lucernski (1979) dále uvádějí, že dlouhotrvající sněhová pole vyskytující se nad horní hranicí lesa mají dobu trvání mezi 160-190 dny. Jako zvláštní případ je uváděno 198,7 dní sněhové pokrývky v průměru za období 1991-2001 na stanici Sněžka. (Głowicky 2005). Na Čertově louce dosahuje průměrná hodnota 190 dnů a tato lokalita je tedy srovnatelná s výše položenou Sněžkou. Nejdelší období výskytu sněhové pokrývky nastalo v sezóně 2007/2008 (227 dní). Důvodem takto vysokého počtu dní se sněhovou pokrývkou je vysoká sněhová akumulace, která se vytváří v centrální části lokality. Doba průměrného trvání sněhové pokrývky na Modrém sedle je vzhledem k uváděným hodnotám mírně podprůměrná a maxima dosahuje také v sezóně 2007/2008 (189 dní). Coufal a Šebek (1969) uvádějí, že sněhová pokrývka v okolí Luční boudy dosahuje vlivem nízkých mocností a silného oslunění velmi nízkých hodnot (za období 2009-2013 132 dní) (Coufal, Šebek 1969).

Nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky na Čertově louce za sezónu byla dosažena v zimě 2007/2008 155 cm, druhá nejvyšší 149 cm v sezóně 2011/2012. Tyto zimy jsou i první dvě v maximální výšce sněhové pokrývky (opačné pořadí). Nejnižší průměrnou výšku sněhové pokrývky, po vynechání zimy 2009/2010 vzhledem k počátku měření až v březnu, má zima 2010/2011 64 cm, druhou nejnižší zima 2012/2013 76 cm. Na Modrém sedle byla nejnižší průměrná výška sněhové pokrývky (za sezónu s pravidelným intervalem měření) v zimě 2004/2005 31 cm a druhá nejnižší v zimě 2010/2011 34 cm. Nejvyšší průměrná výška sněhové pokrývky na stanici u Luční boudy (od počátku výskytu souvislé sněhové pokrývky) byla 128 cm v zimě 2011/2012, nejnižší pak v sezóně 2010/2011 64 cm.

Meziroční variabilita sněhové pokrývky na Čertově louce i Modrém sedle úzce souvisí s průměrnou hodnotou výšky sněhové pokrývky. Index obecné variability za celé období sezón 2003/2004 až 2012/2013 se rovná 97 na Čertově louce a 33 na Modrém sedle. Nejnižší variabilita na Čertově louce nastala v sezóně 2010/2011 (56) a na Modrém sedle v sezónách 2010/2011 a 2011/2012 (obě 26), kdy byla zaznamenány i zimy s nejnižší průměrnou výškou sněhové pokrývky. Index obecné variability jednotlivých měsíců za celé sledované období také odpovídá chodu jejich průměrných hodnot.

Hodnoty indexu prostorové variability úzce korelovali s hodnotami výšky sněhové pokrývky, kdy nejvyšších hodnot indexu bylo dosaženo v severní části nivační deprese u Čertovy louky a pod terénní hranou na Modrém sedle (137 resp. 117). Také minima odpovídala rozmístění minim výšky sněhové pokrývky, oblasti klečových porostů na Čertově louce a terénní hraně na Modrém sedle (11-12 resp. 2-5). Index obecné variability nižších hodnot na Modrém sedle než na Čertově louce (až na sezónu 2011/2012).

Pro potvrzení domnělé vzájemné závislosti lokality Čertovy louky a Modrého sedla jsem využil maximální výšky a nejvyšší průměrné výšky sněhové pokrývky v sezóně. Za celé období měření jsem vypočítal průměry pro každou veličinu pro Čertovu louku a Modré sedlo a tyto jsem následně porovnal se skutečnými naměřenými hodnotami. V zimách 2004/2005, 2005/2006, 2007/2008, 2009/2010, 2011/2012 došlo k naprosté negativní závislosti v dosažení maximální výšky i maximálního průměru. V případě nadprůměrné hodnoty na Čertově louce, bylo dosaženo podprůměrné hodnoty v oblasti Modrého sedla a naopak. V sezóně 2005/2006 bylo potvrzena negativní závislost pouze u maximálních výšek. K negativní závislosti mezi maximální výškou sněhové pokrývky na obou lokalitách došlo v 60 % případů, mezi nejvyššími průměry k neurčitému výsledku 50 %. Závislost výšek sněhové pokrývky na sledovaných lokalitách nelze v obou případech potvrdit ani vyvrátit.

Desetiletá měření potvrzují i další závěry Janáskové (2005). V nivační depresi jsem stejně jako Janásková (2005) zaznamenal známky současné eroze tavnými vodami, které působí povrchový splach, erozi vegetačního krytu a vytváří hluboké odtokové stružky, jde tedy předpokládat, že jsou zde nivační procesy stále do jisté míry aktivní. A také se potvrzuje, že minima v oblasti terénní hrany Modrého sedla nabízejí možnosti recentní aktivity, vymrzajících úlomků a tříděných kruhů, protože podmínky pro jejich aktivity jsou z hlediska sněhových poměrů příhodné i v současné době.

7. ZÁVĚR

Ke studiu sněhových poměrů na vrcholových částech východních Krkonoš, byly vybrány dvě lokality, na kterých probíhá intenzivní výzkum periglaciálních tvarů. Na studovaných lokalitách Čertovy louky a Modrého sedla je pravidelně rozmístěno 141 stálých měřicích bodů. Měření probíhalo každoročně od zimní sezóny 2003/2004 do sezóny 2012/2013 v pravidelném měsíčním intervalu. Naměřená data jsem při popisu průběhu zimních období porovnal s meteorologickými daty získanými z meteorologické stanice na Luční boudě a záznamy Horské služby Krkonoše o sněhové pokrývce také na Luční boudě. Vypočítal jsem index obecné variability pro prostorovou variabilitu lokalit, meziroční variabilitu i variabilitu mezi měsíci za celé sledované období.

Rozmístění sněhu na lokalitách mělo stále stejný charakter a potvrzují se tak závěry a trendy z předešlých pozorování. Trend se vyznačuje pravidelným rozmístěním minimálních a maximálních mocností sněhu a také dlouhodobě převažujícím charakterem ukládání a odbourávání sněhu na lokalitách. Nevyšší mocnosti sněhu byly na lokalitě Čertovy louky zaznamenávány v centrální nivační depresi, s absolutním maximem 570 cm. Jedná se také o místo, kde nejdéle přetrvává sněhové pole (do 20. 6. 2008, 227 dní). Nízké mocnosti sněhové pokrývky byly naopak sledovány ve spodní části lokality v oblasti klečových porostů. Na Modrém sedle byla potvrzena koncentrace minimálních hodnot v blízkosti terénní hrany (max. 35 cm).

Ostatní trendy vyplývající z desetiletého výzkumu, nejsou signifikantní do takové míry jako předchozí uvedené. Vykazují určité ustálené charakteristiky, avšak lze u nich pozorovat změny v meziročním srovnání jednotlivých zimních sezón.

Na počátku zimního období nejvíce ovlivňují akumulaci sněhu na Modrém sedle klečové porosty v hřbetové části. Vliv klečových porostů se v průběhu zimního období snižuje. Na Čertově louce dochází k počátečnímu ukládání v centrální nivační depresi.

Nejčastěji bylo na obou lokalitách dosaženo maximální výšky sněhové pokrývky v únoru. Za ovlivňující faktor průměrné výšky sněhové pokrývky na Čertově louce, lze považovat nejnižší hodnotu výšky sněhové pokrývky než její maximum. Na Modrém sedle je dosažení nejvyšší průměrné výšky sněhové pokrývky spojené s dosažením maxima.

Lokalita Čertova louka se vzhledem k dosahovaným maximům vyznačuje výraznými amplitudami výšek sněhové pokrývky v centrální nivační depresi. Nejvyšší amplitudy na Modrém sedle byly v oblasti nivační deprese.

Nejčastěji byla zachycena souvislá sněhová pokrývka na Čertově louce v dubnu. Čertova louka tedy patří do spodního kvadrantu extrémních hodnot trvání souvislé sněhové pokrývky z předchozích pozorování ve vrcholových partiích Krkonoš. Výskyt souvislé sněhové pokrývky na Modrém sedle je značně nevyrovnaný. Průměrná doba souvislé sněhové pokrývky na Luční boudě odpovídá hodnotě průměru na Čertově louce.

Nejčastěji se sněhové pole vyskytovalo v nivační depresi na Čertově louce do června (nejdéle do 20. 6. 2008), případně konce května. Na Modrém sedle a Luční boudě v průměru o měsíc kratší dobu. Průměrná doba trvání sněhového pole na Čertově louce odpovídá nejvyšším extrémům naměřeným na stanici Sněžka. V maximu činila 227 dní. Důvodem takto vysokého počtu dní se sněhovou pokrývkou je vysoká sněhová akumulace, která se vytváří v centrální části lokality. Doba průměrného trvání sněhové pokrývky na Modrém sedle je podprůměrná. Nejnižší průměrnou dobu má Luční bouda a potvrzuje tak předchozí výzkumy.

Meziroční variabilita celkové sněhové pokrývky na Čertově louce i Modrém sedle úzce souvisí s průměrnou hodnotou výšky sněhové pokrývky. Index obecné variability za celé období sezón 2003/2004 až 2012/2013 se rovná 97 na Čertově louce a 33 na Modrém sedle. Index obecné variability jednotlivých měsíců za celé sledované období také odpovídá chodu jejich průměrných hodnot. Hodnoty indexu u prostorové variability úzce pozitivně korelovali s hodnotami výšky sněhové pokrývky, kdy nejvyšších hodnot indexu bylo dosaženo v severní části nivační deprese u Čertovy louky a pod terénní hranou na Modrém sedle (137 resp. 117). Také minima odpovídala rozmístění minim výšky sněhové pokrývky, oblasti klečových porostů na Čertově louce a terénní hraně na Modrém sedle (11-12 resp. 2-5).

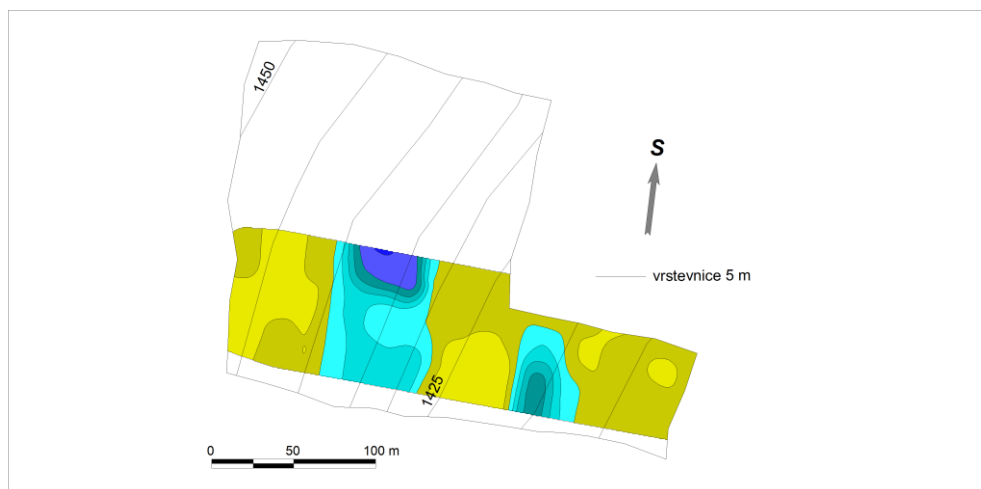
Index obecné variability se ukázal jako vhodný pro zjištění míry variability a statisticky potvrdil, již dříve zmiňované trendy výšky sněhové pokrývky a jejího ukládání.

Domnělou vzájemnou závislost výšek sněhové pokrývky na sledovaných lokalitách se nepodařilo potvrdit ani vyvrátit.

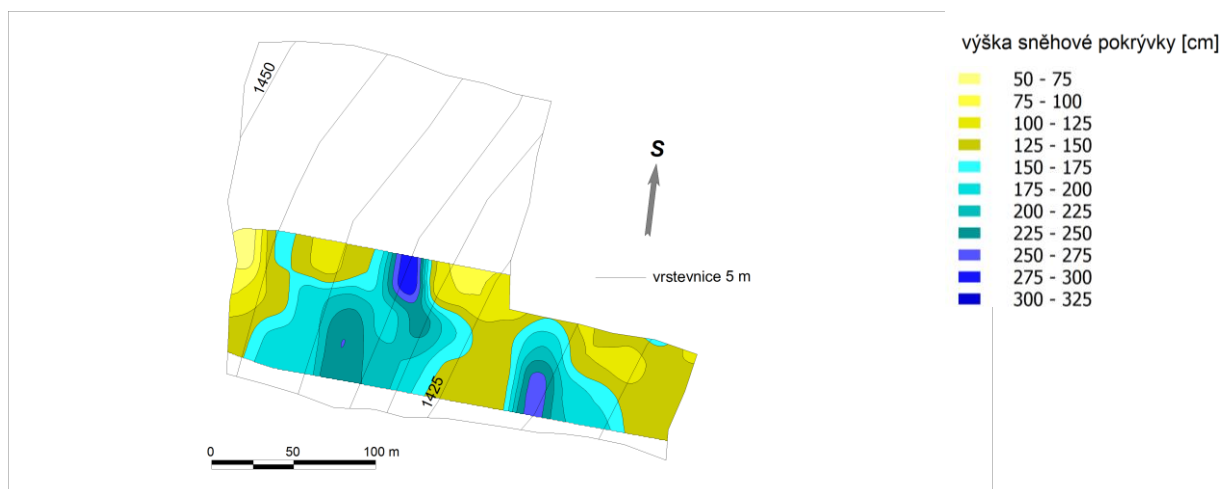
Výsledky této práce mohou přispět k zpřesnění významu sněhové pokrývky na pohyb putujících bloků na Čertově louce a vymrzajících úlomků na Modrém sedle, vlivu klečových porostů při ukládání a odtávání sněhové pokrývky, vlivu exponovaných a závětrných ploch, i celkové variability sněhové pokrývky na vrcholových partiích Krkonoš.

8. MAPOVÉ VÝSTUPY

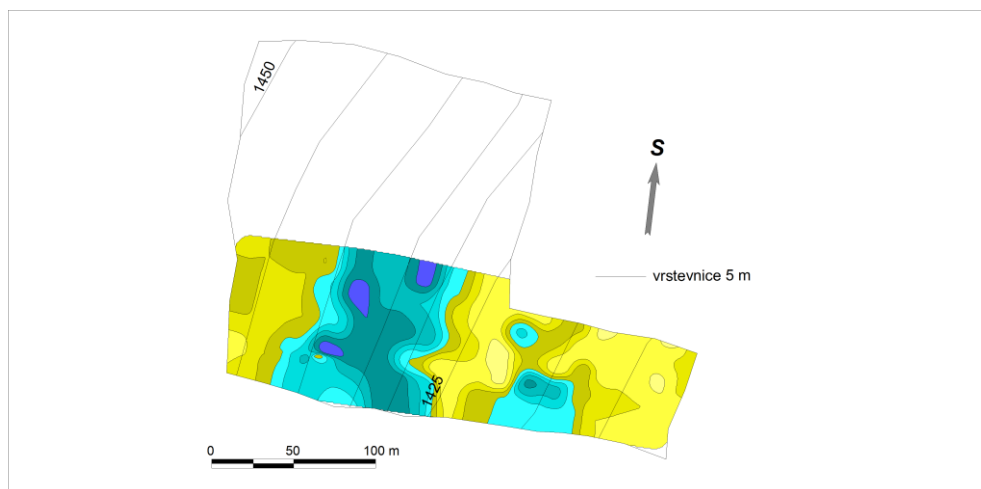
8.1. Zimní sezóna 2003/2004



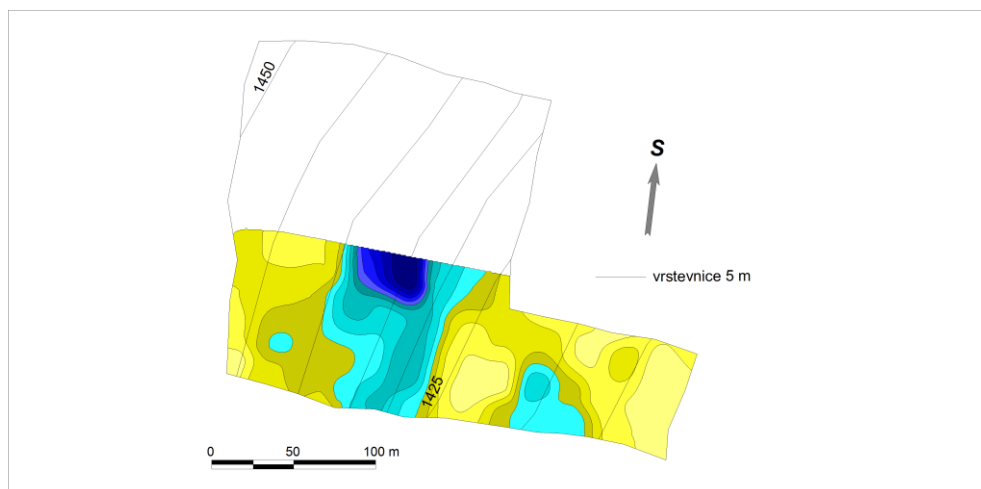
Mapa 3: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 1. 2004



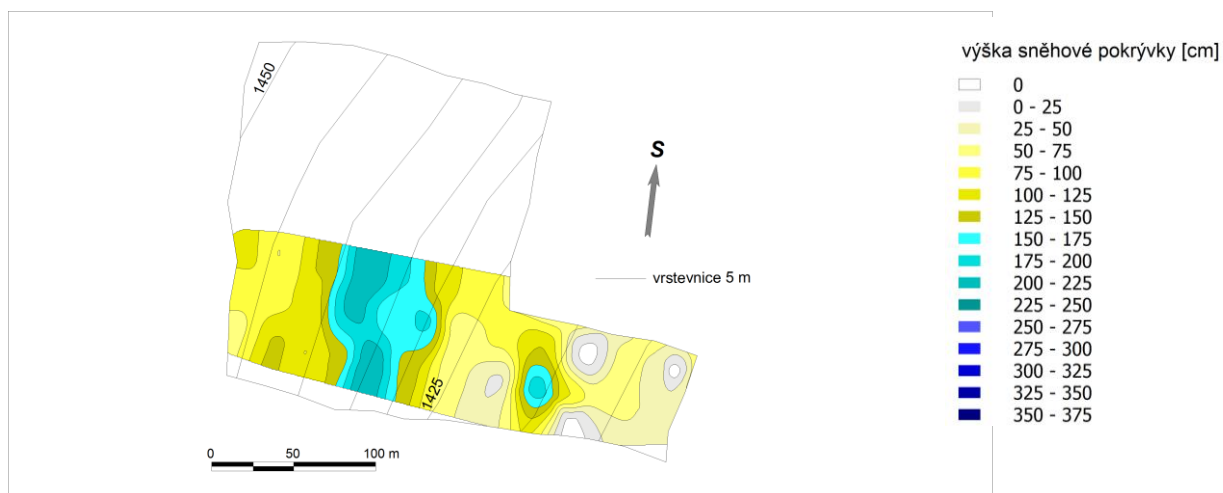
Mapa 4: Sněhová pokrývka na Čertově louce 4. 3. 2004



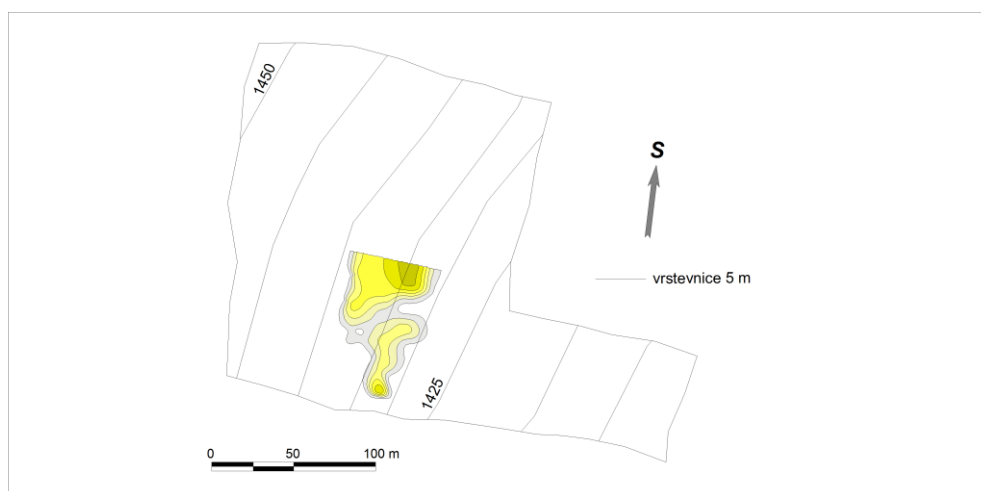
Mapa 5: Sněhová pokrývka na Čertově louce 4. 4. 2004



Mapa 6: Sněhová pokrývka na Čertově louce 20. 4. 2004



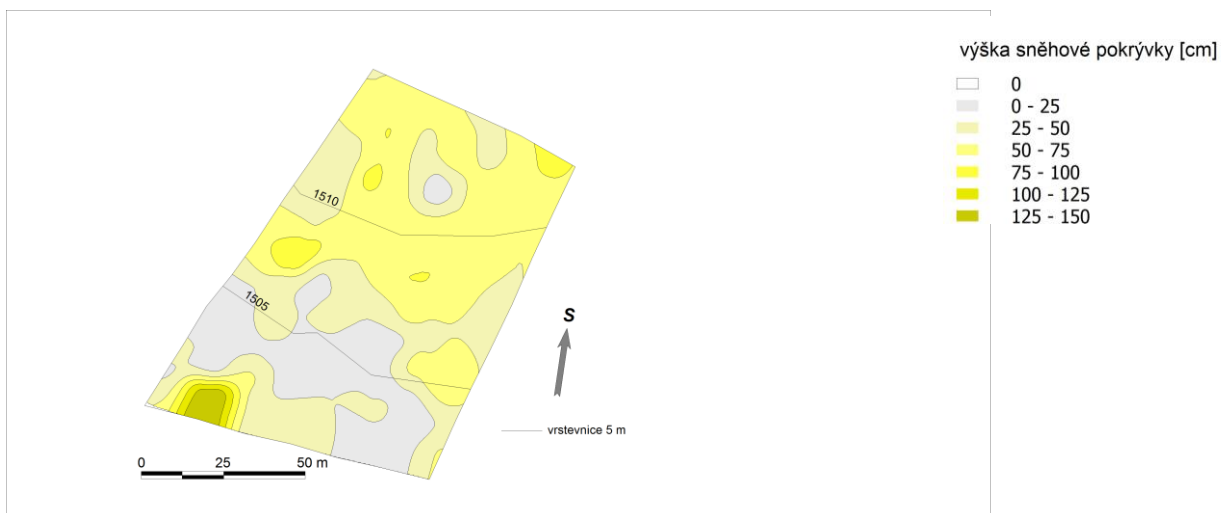
Mapa 7: Sněhová pokrývka na Čertově louce 28. 4. 2004



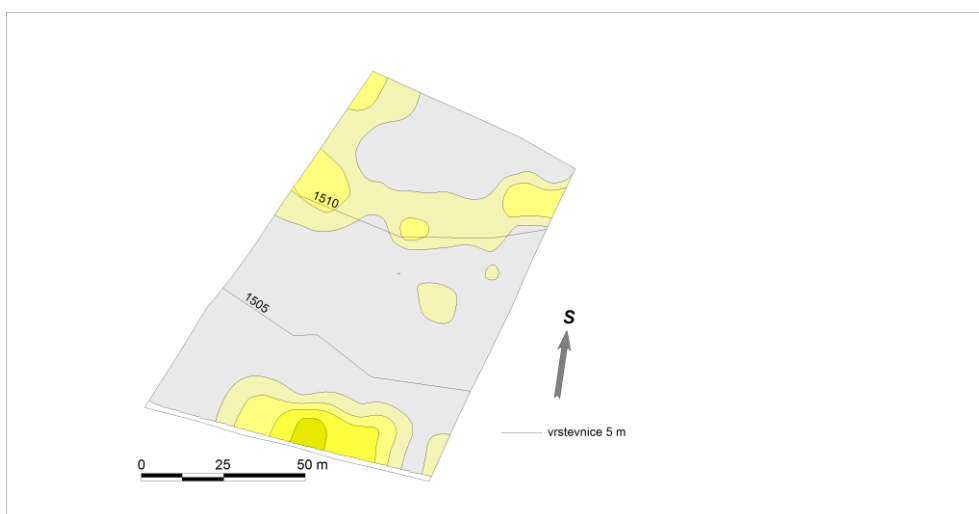
Mapa 8: Sněhová pokrývka na Čertově louce 15. 5. 2004



Mapa 9: Sněhová pokrývka na Čertově louce 7. 6. 2004



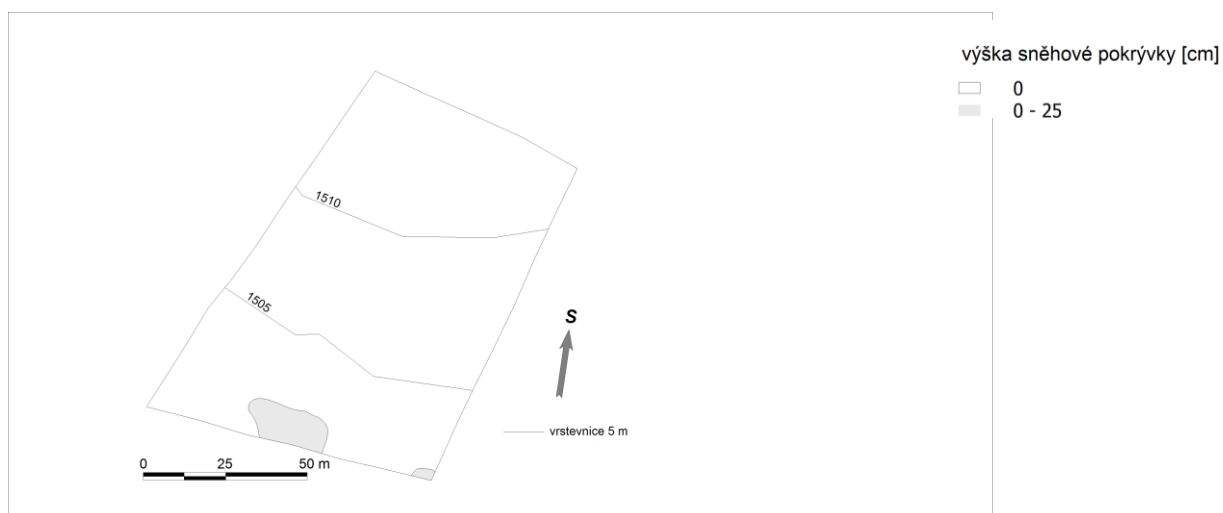
Mapa 10: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 1. 2004



Mapa 11: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 4. 3. 2004



Mapa 12: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 4. 4. 2004

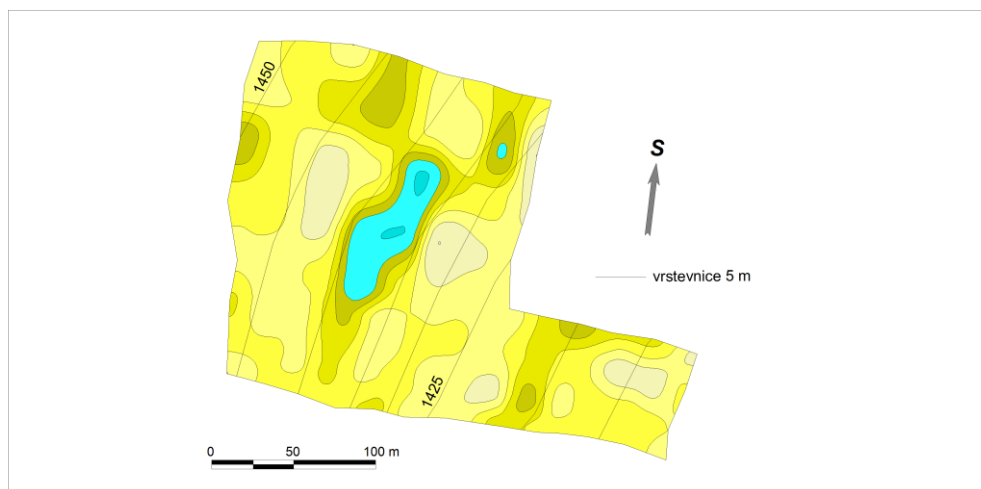


Mapa 13: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 20. 4. 2004

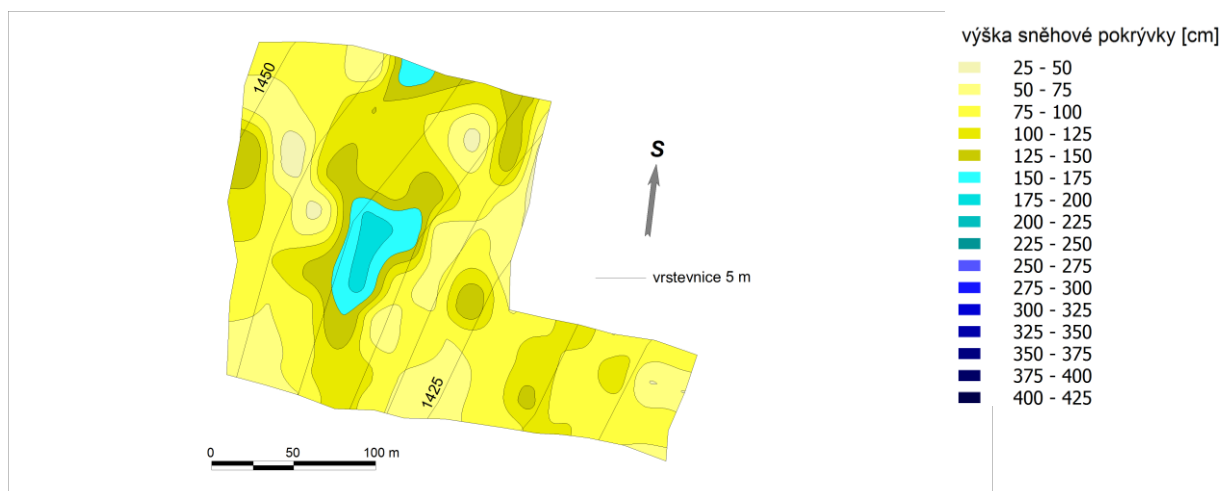


Mapa 14: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 28. 4. 2004

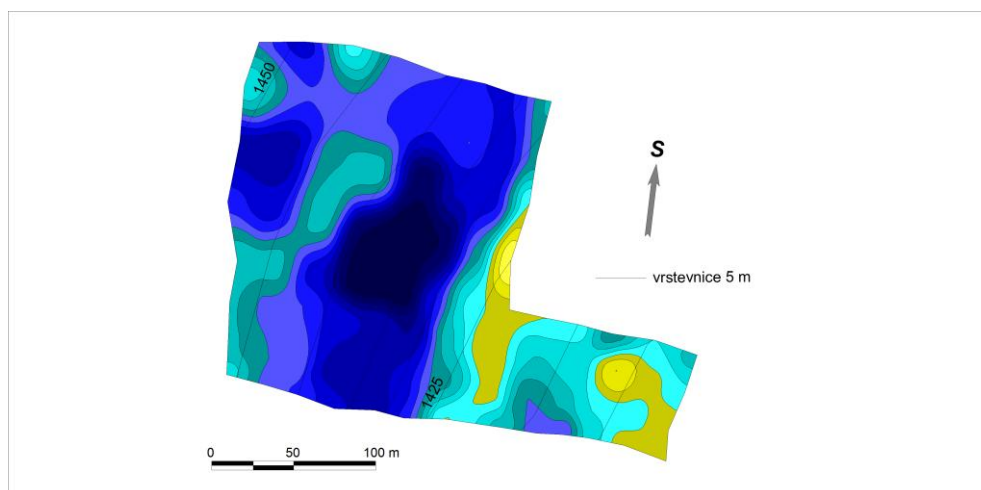
8. 2. Zimní sezóna 2004/2005



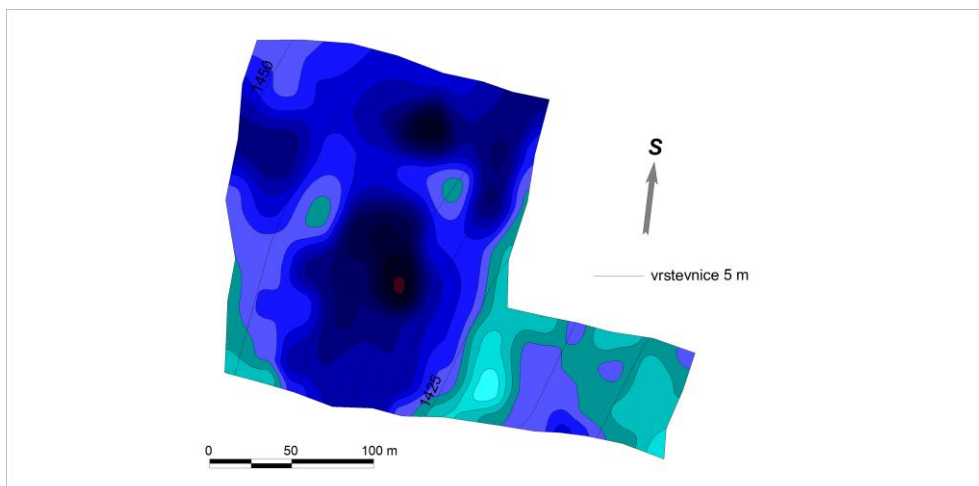
Mapa 15: Sněhová pokrývka na Čertově louce 26. 11. 2004



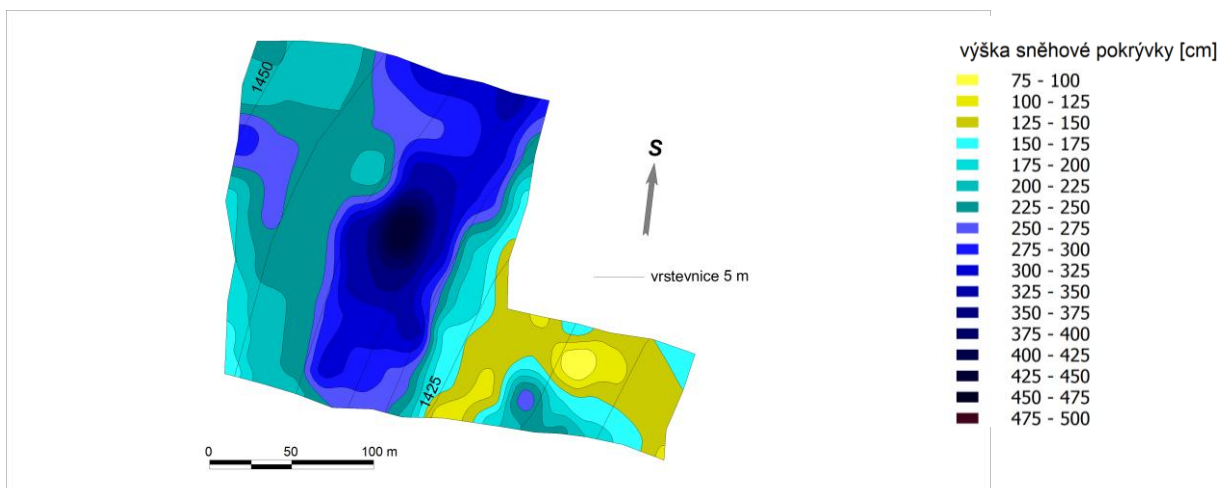
Mapa 16: Sněhová pokrývka na Čertově louce 19. 12 2004



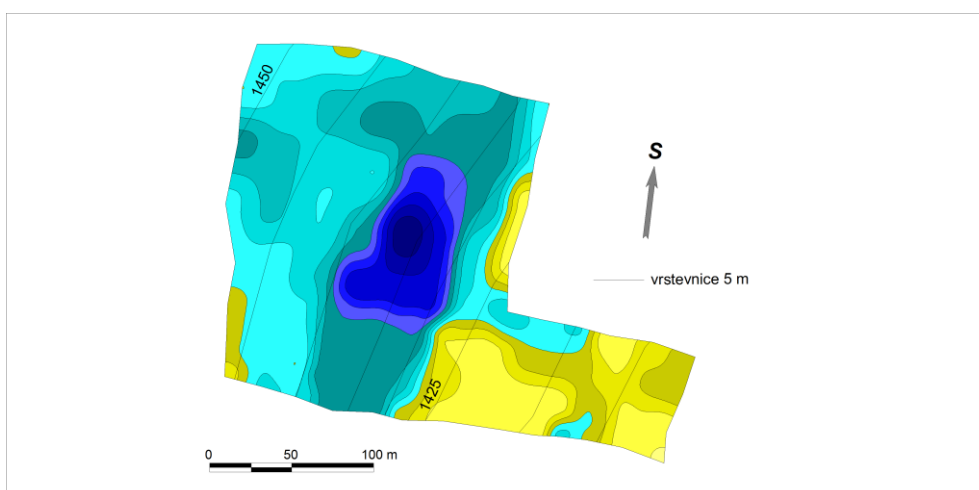
Mapa 17: Sněhová pokrývka na Čertově louce 23. 1. 2005



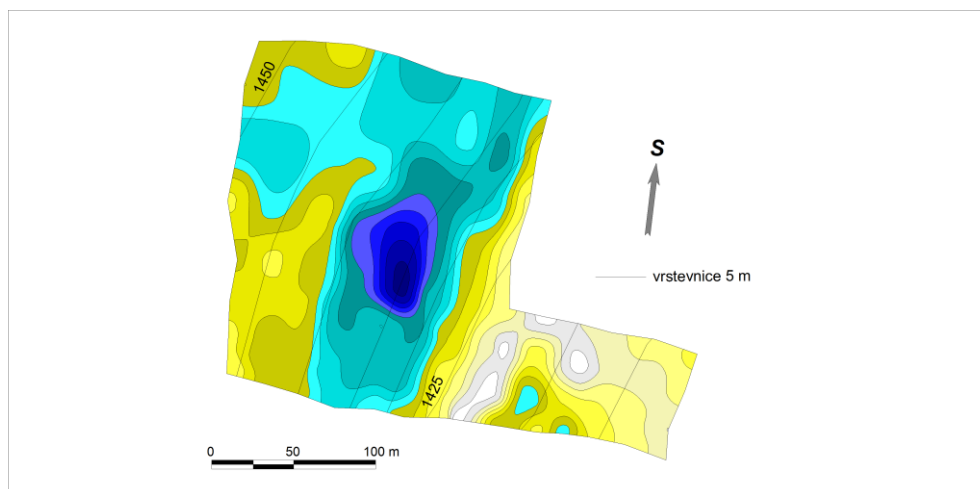
Mapa 18: Sněhová pokrývka na Čertově louce 28. 2. 2005



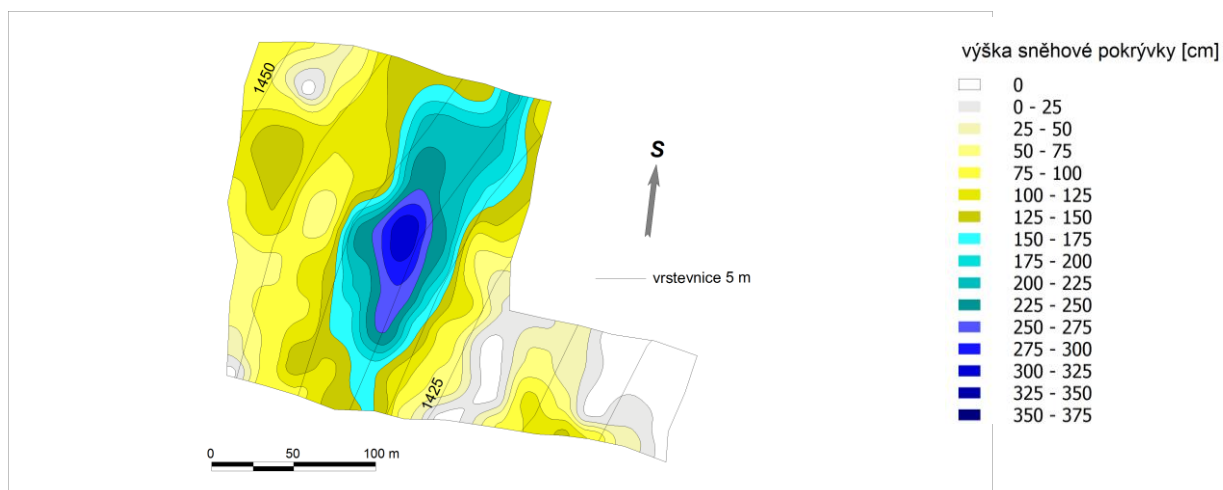
Mapa 19: Sněhová pokrývka na Čertově louce 7. 4. 2005



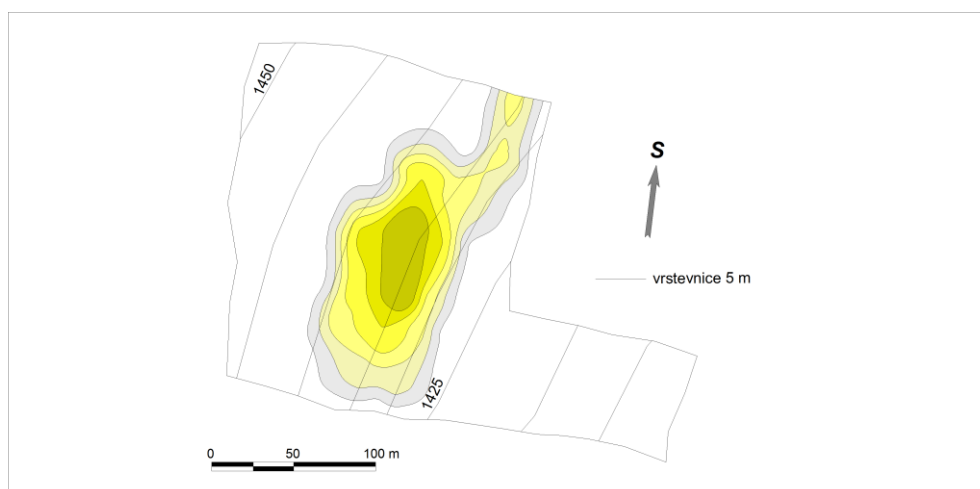
Mapa 20: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 4. 2005



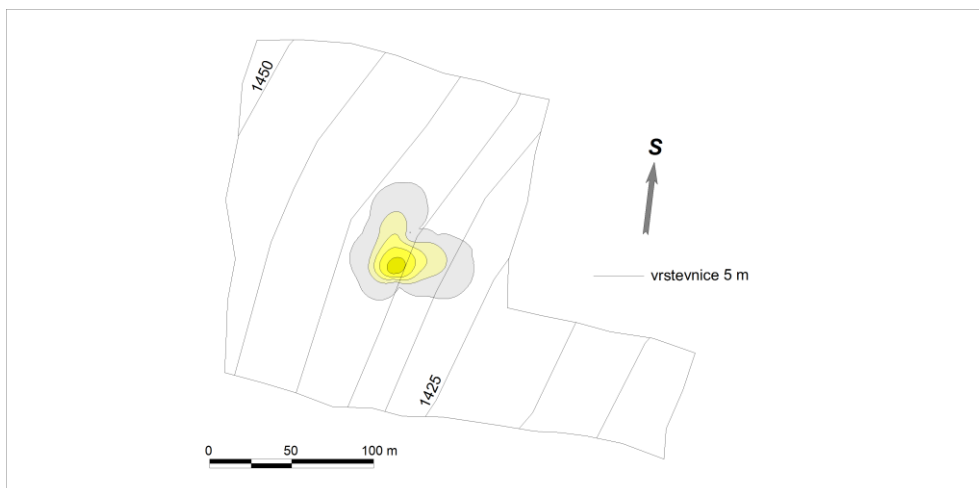
Mapa 21: Sněhová pokrývka na Čertově louce 1. 5. 2005



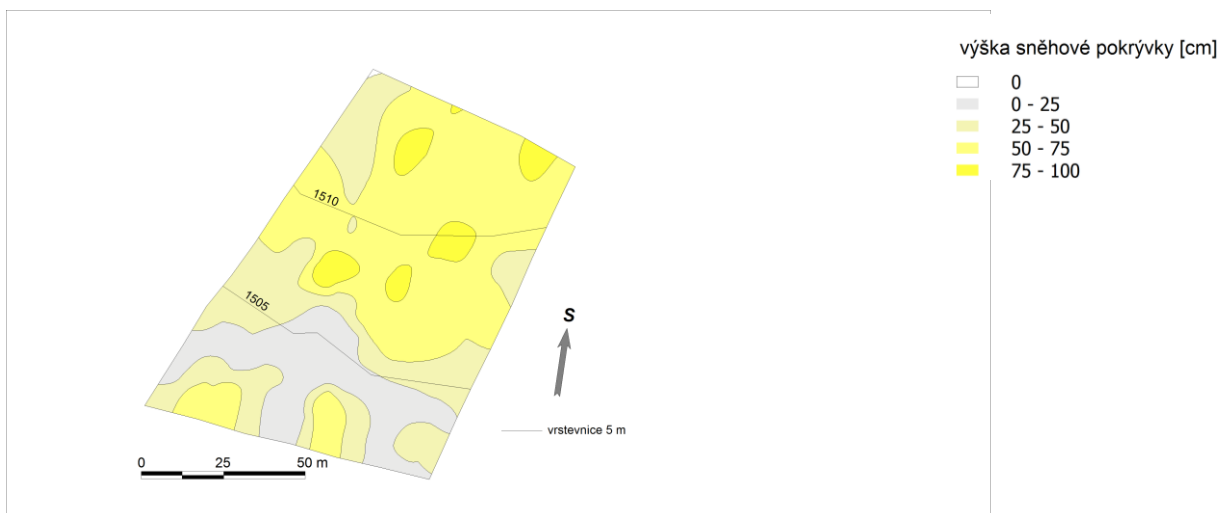
Mapa 22: Sněhová pokrývka na Čertově louce 16. 5. 2005



Mapa 23: Sněhová pokrývka na Čertově louce 2. 6. 2005



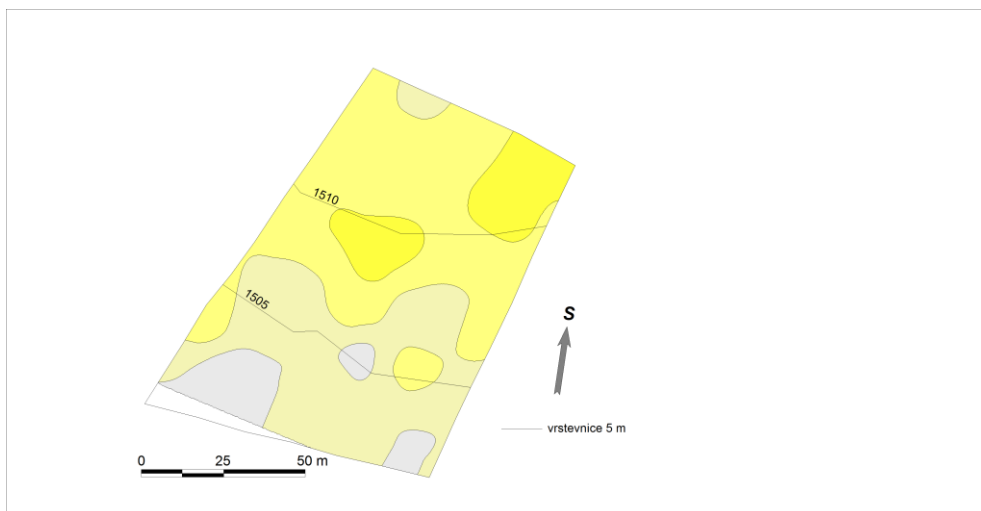
Mapa 24: Sněhová pokrývka na Čertově louce 17. 6. 2005



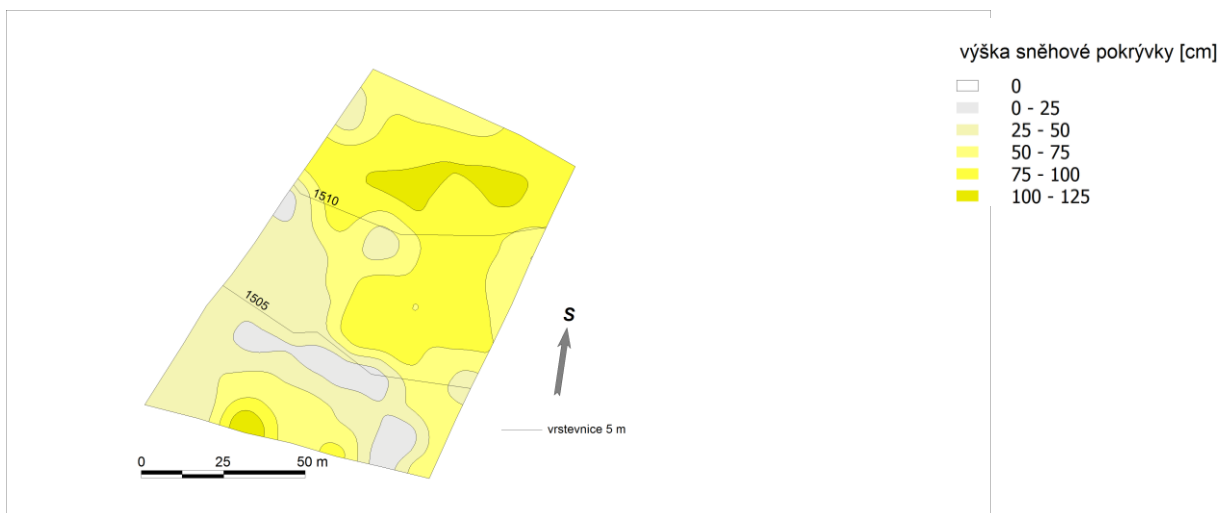
Mapa 25: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 26. 11. 2004



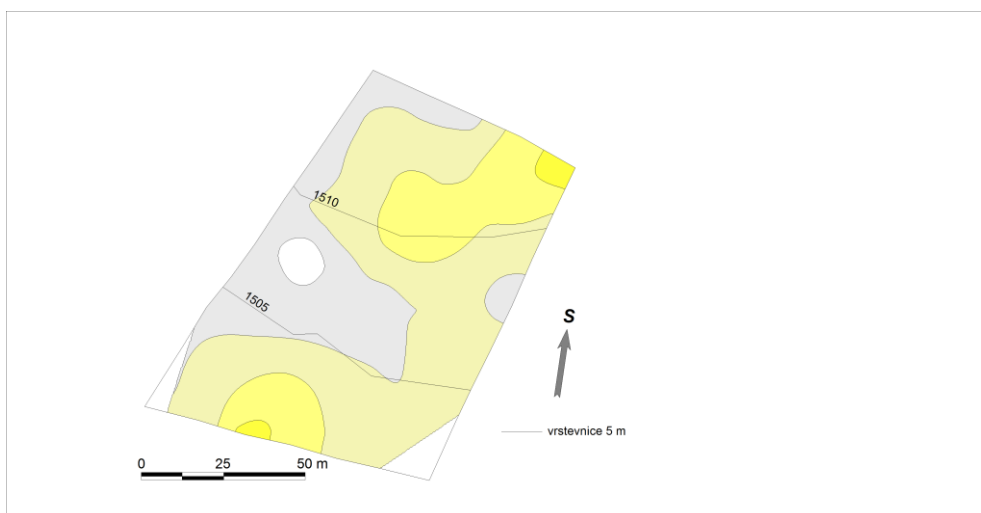
Mapa 26: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 19. 12. 2004



Mapa 27: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 23. 1. 2005



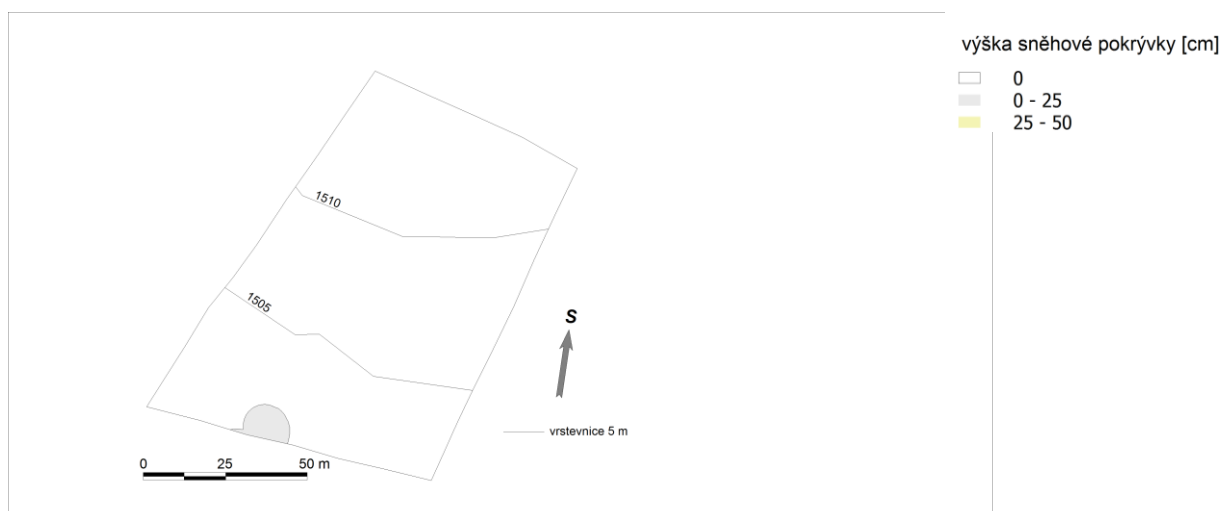
Mapa 28: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 28. 2. 2005



Mapa 29: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 7. 4. 2005

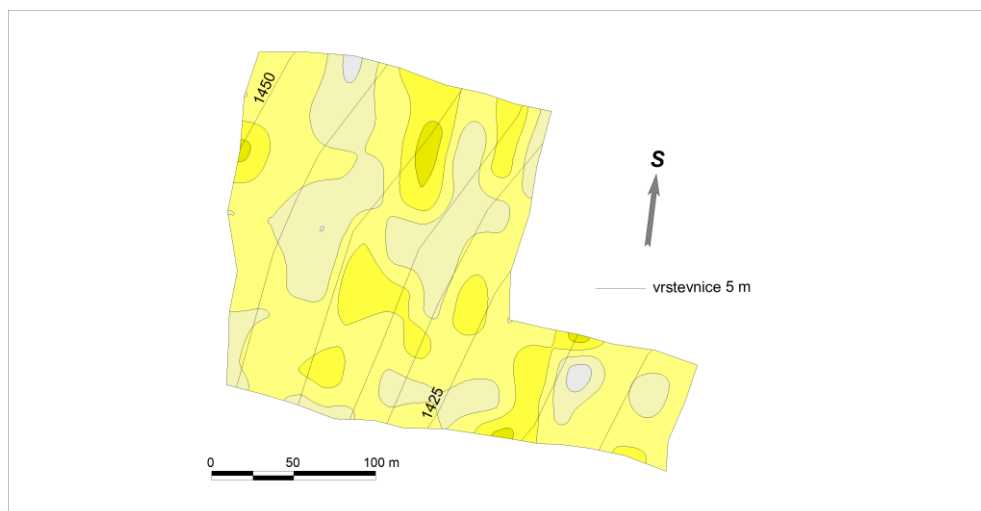


Mapa 30: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 4. 2005

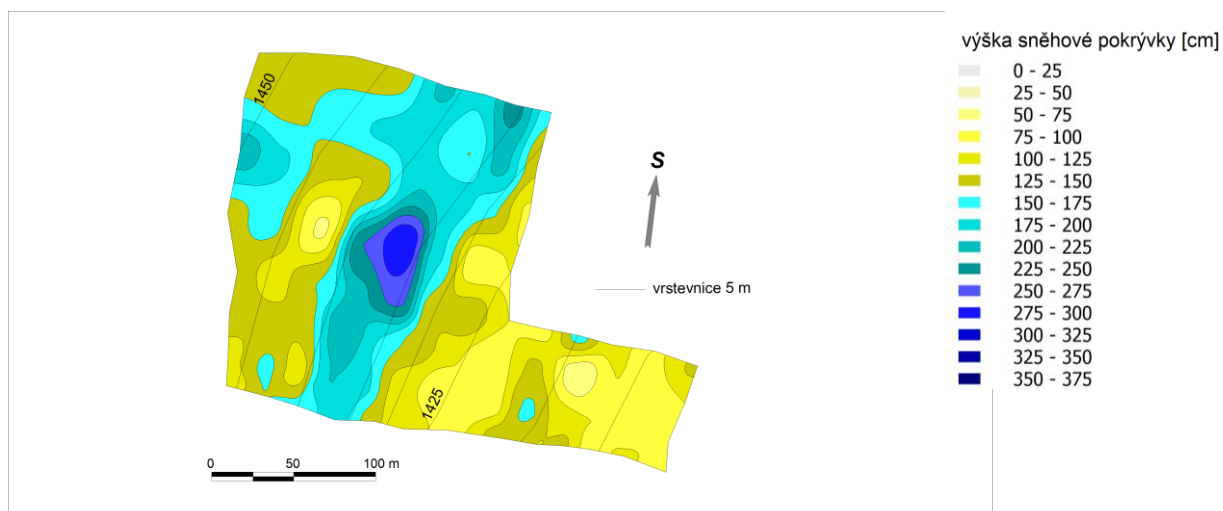


Mapa 31: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 1. 5. 2005

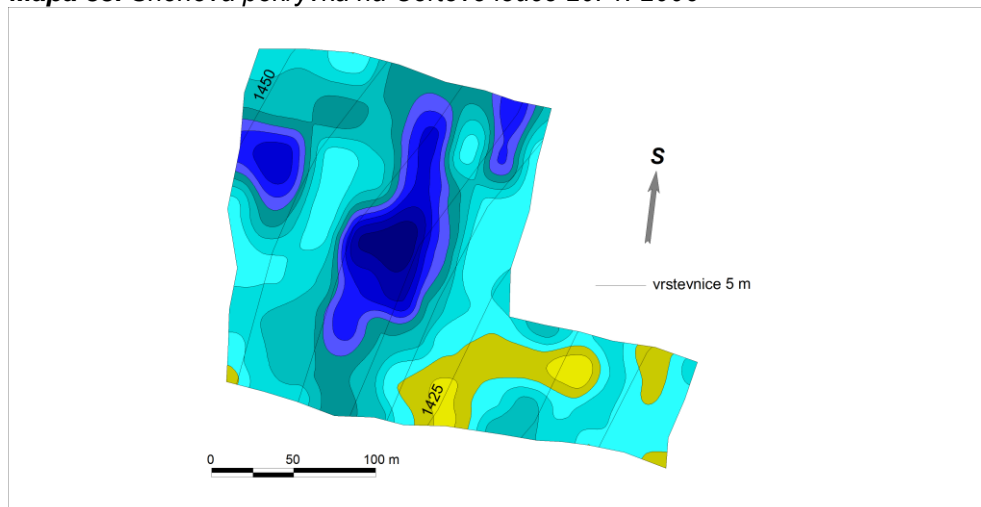
8. 3. Zimní sezóna 2005/2006



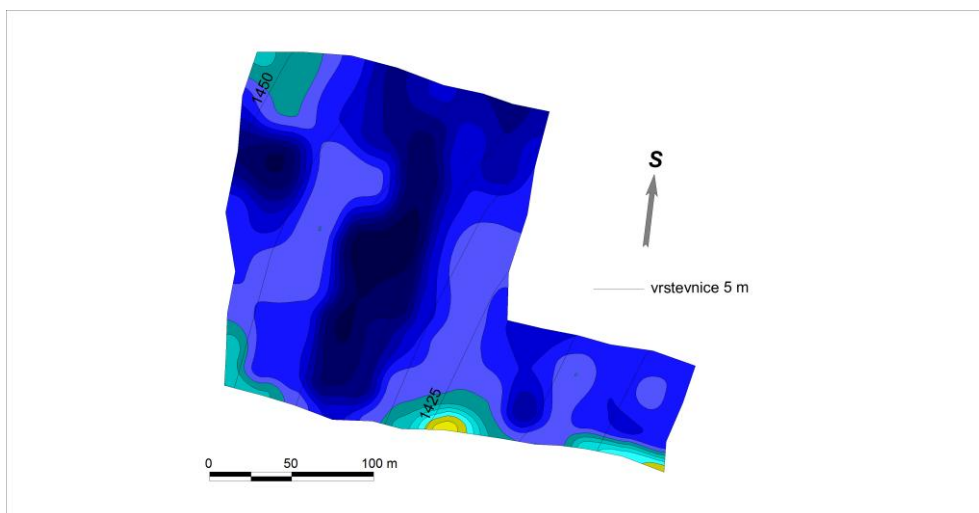
Mapa 32: Sněhová pokrývka na Čertově louce 9. 12. 2005



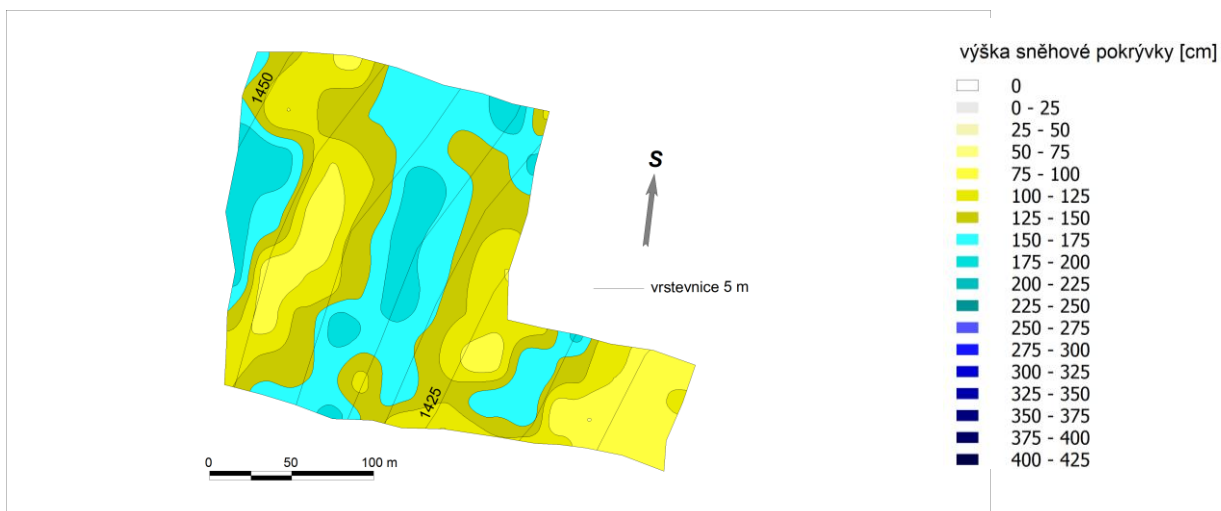
Mapa 33: Sněhová pokrývka na Čertově louce 20. 1. 2006



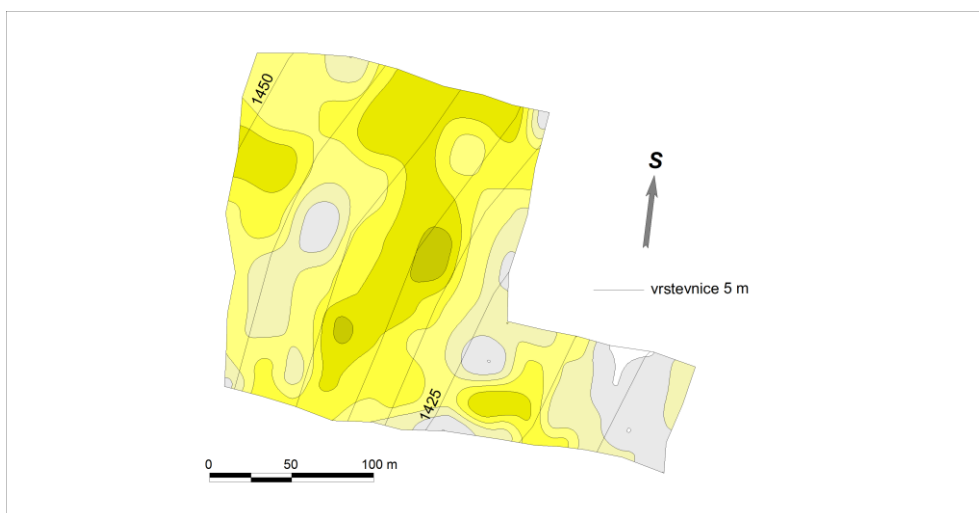
Mapa 34: Sněhová pokrývka na Čertově louce 26. 2. 2006



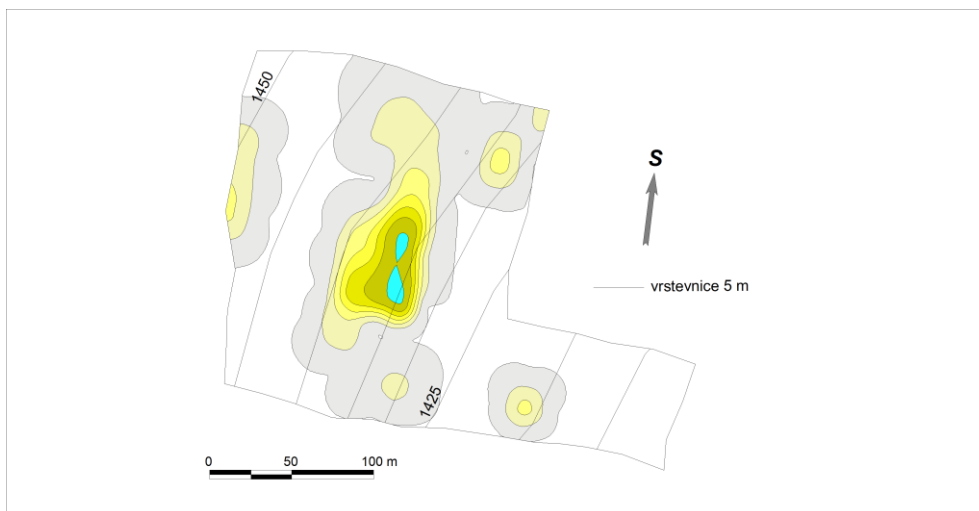
Mapa 35: Sněhová pokrývka na Čertově louce 18. 3. 2006



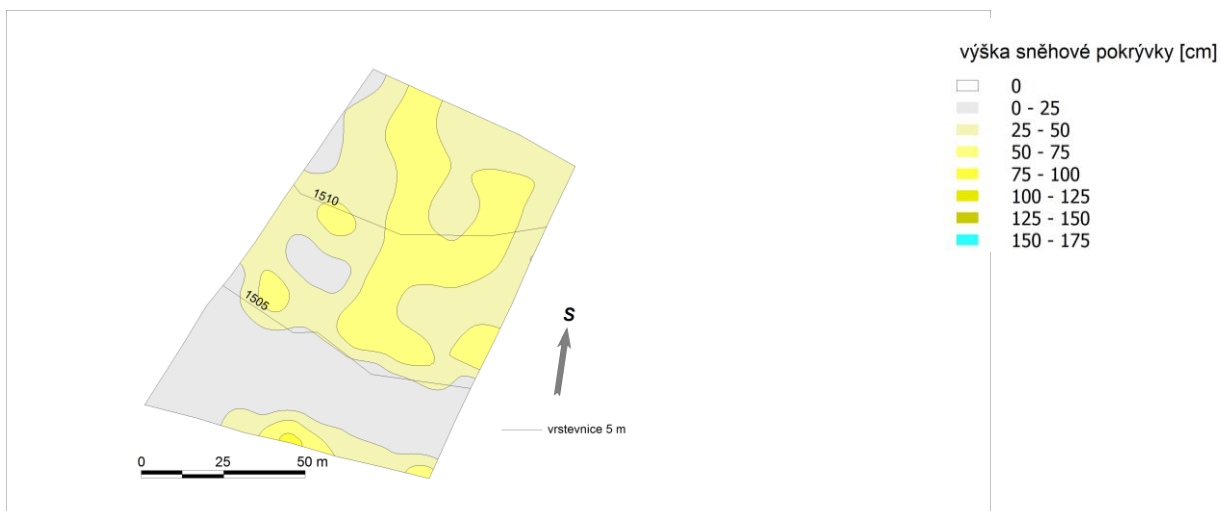
Mapa 36: Sněhová pokrývka na Čertově louce 10. 4. 2006



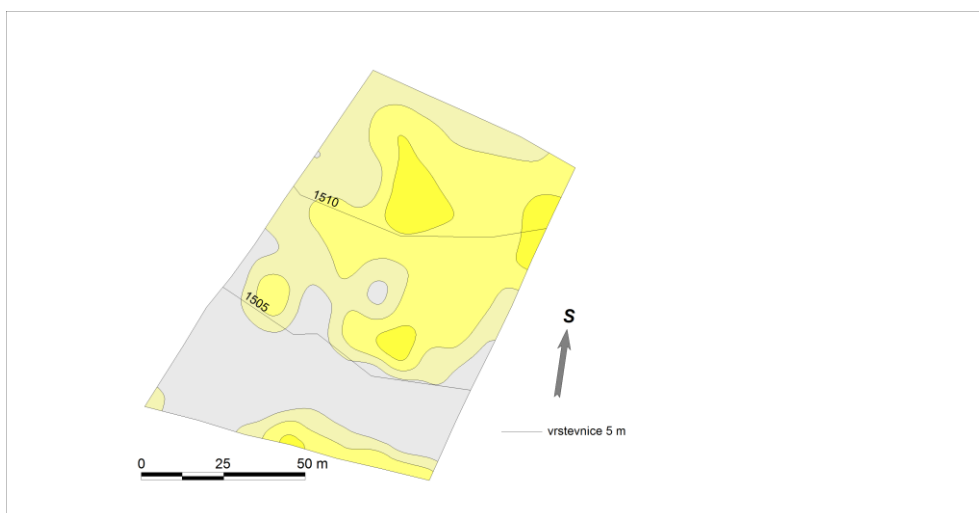
Mapa 37: Sněhová pokrývka na Čertově louce 8. 5. 2006



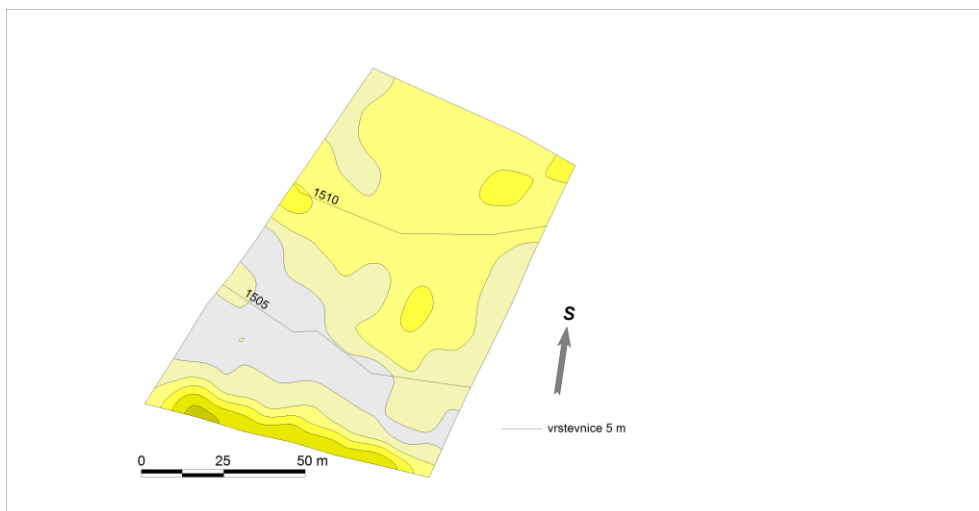
Mapa 38: Sněhová pokrývka na Čertově louce 18. 5. 2006



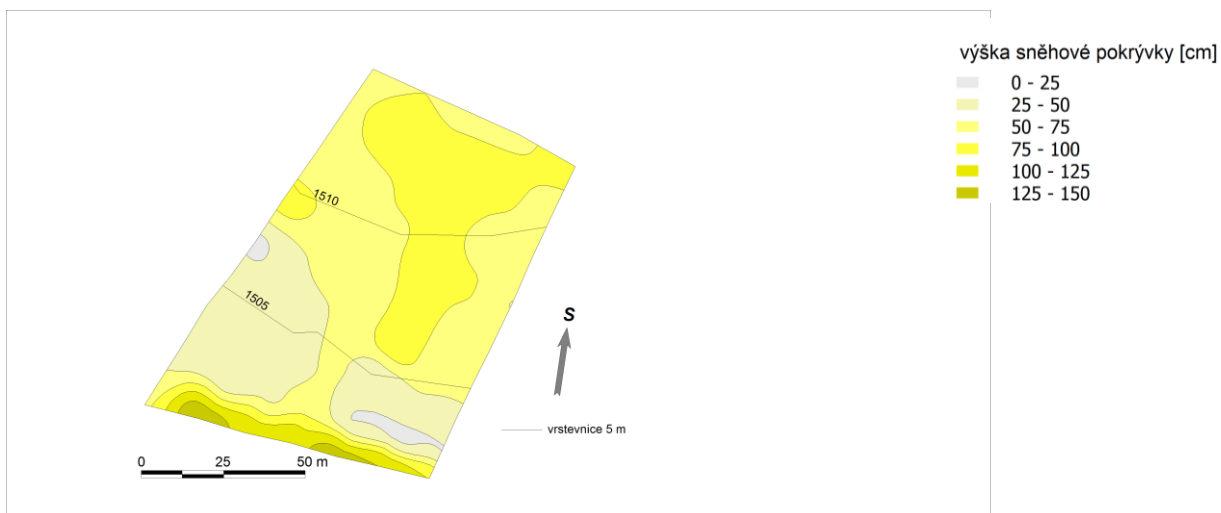
Mapa 39: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 9. 12. 2005



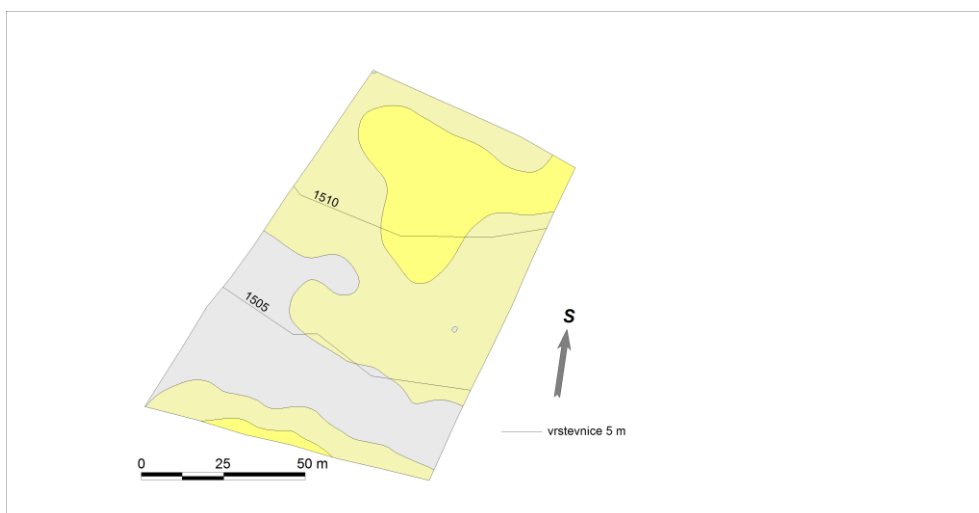
Mapa 40: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 20. 1. 2006



Mapa 41: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 26. 2. 2006

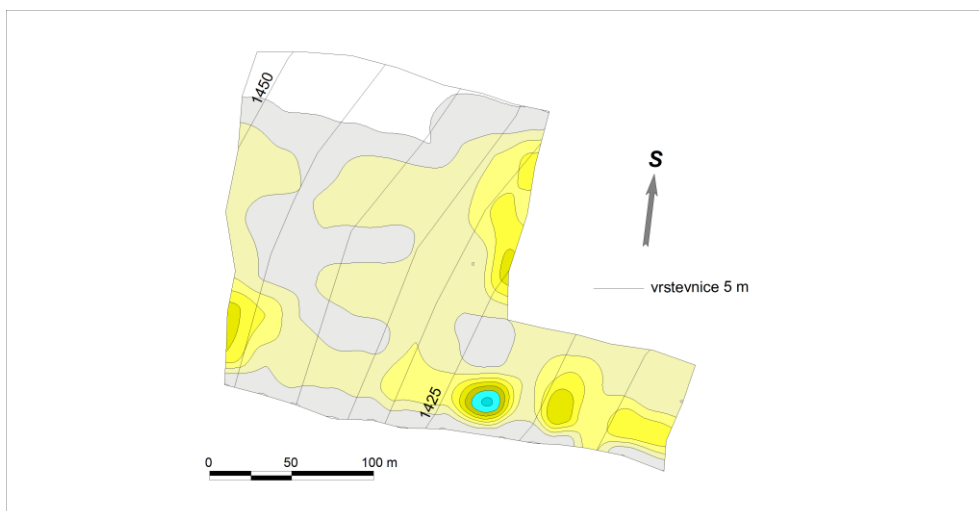


Mapa 42: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 18. 3. 2006

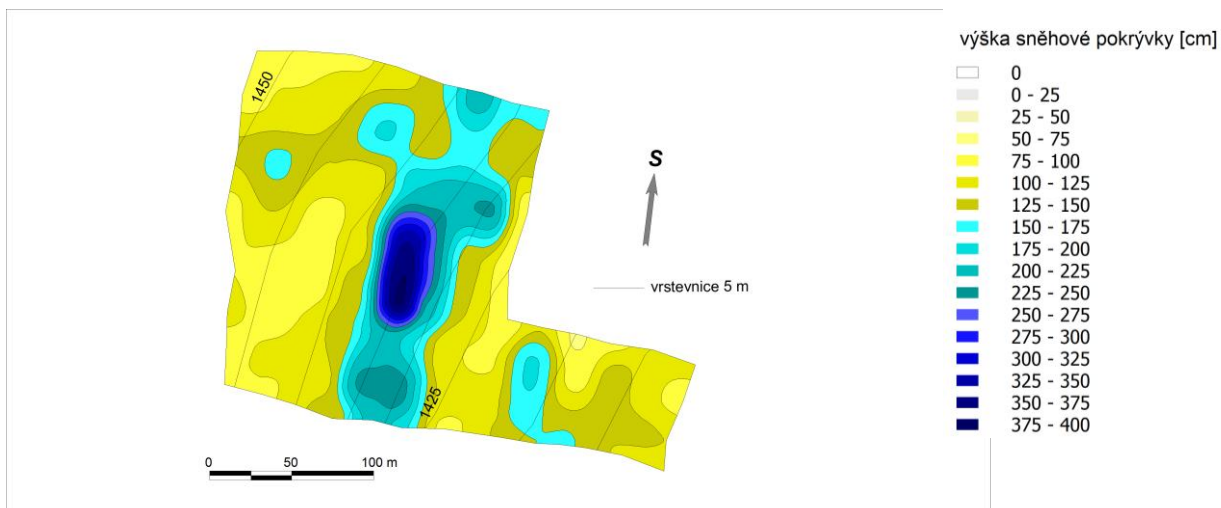


Mapa 43: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 10. 4. 2006

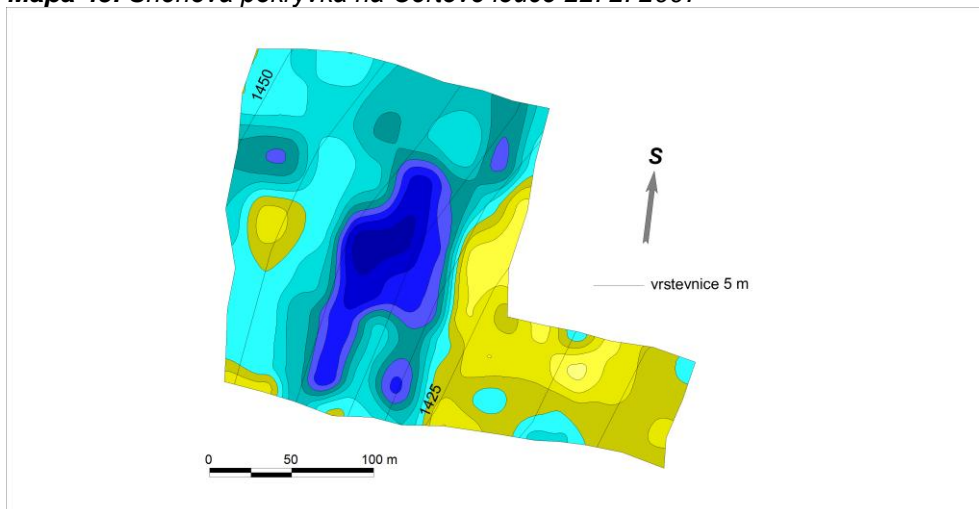
8. 4. Zimní sezóna 2006/2007



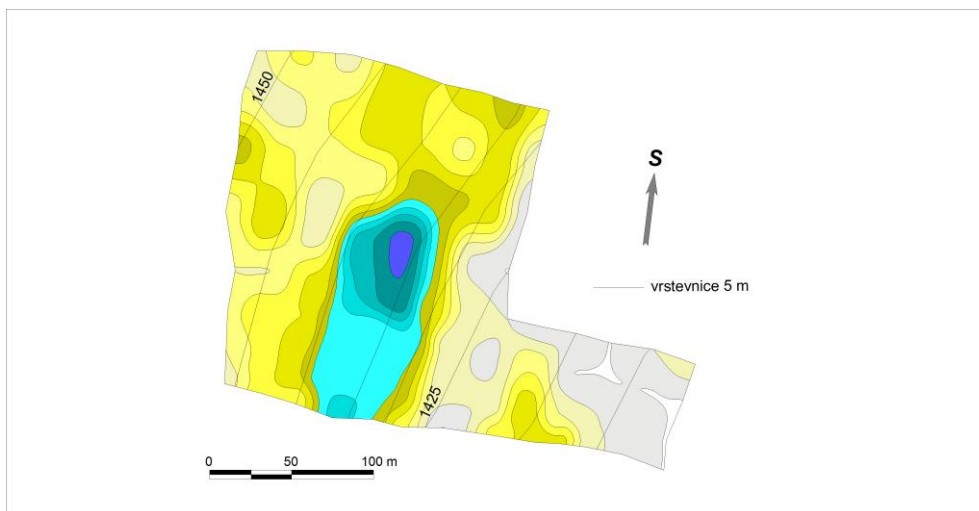
Mapa 44: Sněhová pokrývka na Čertově louce 16. 11. 2006



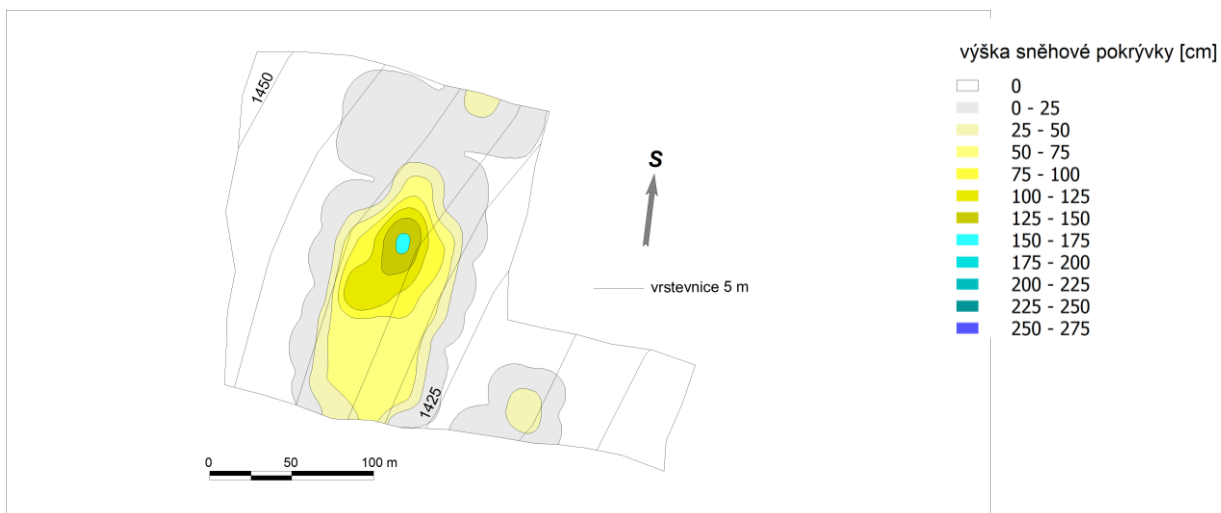
Mapa 45: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 2. 2007



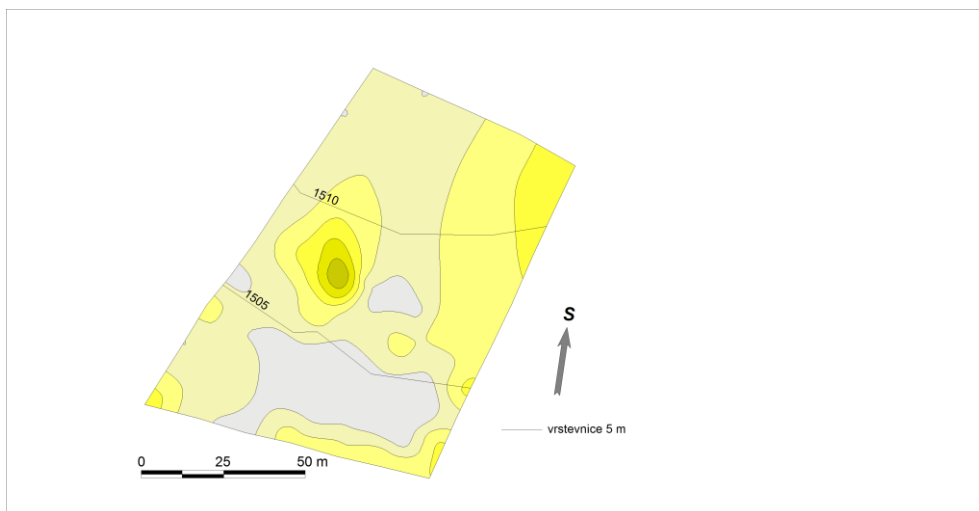
Mapa 46: Sněhová pokrývka na Čertově louce 28. 3. 2007



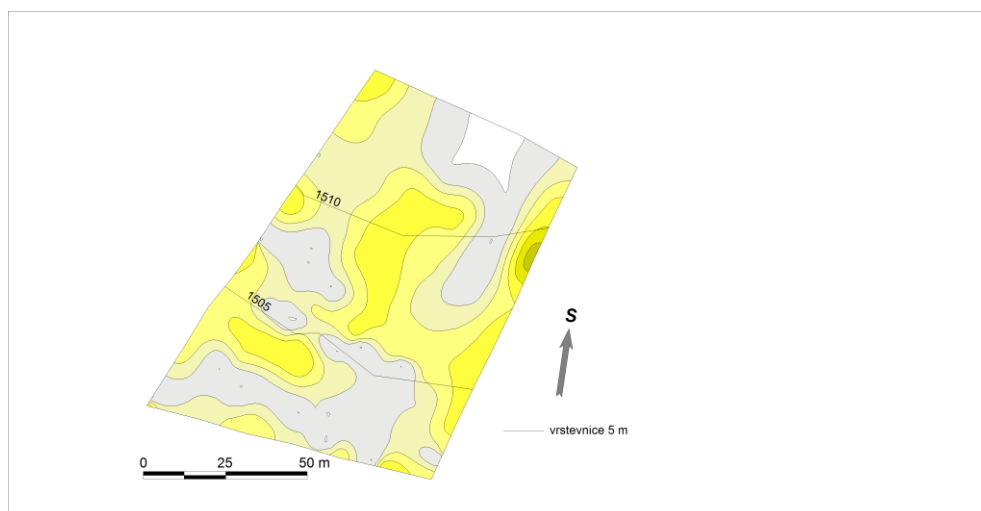
Mapa 47: Sněhová pokrývka na Čertově louce 26. 4. 2007



Mapa 48: Sněhová pokrývka na Čertově louce 11. 5. 2007

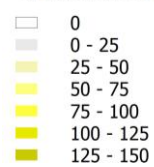


Mapa 49: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 2. 2007

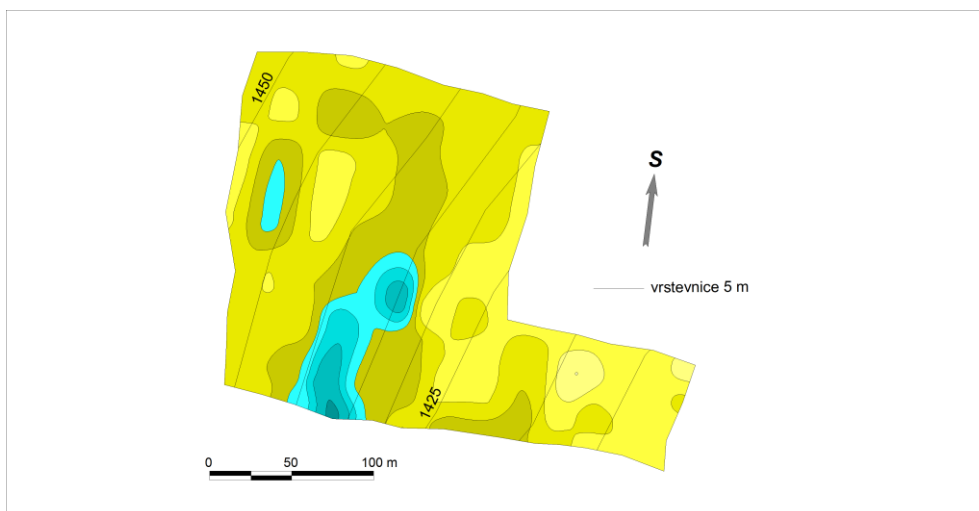


Mapa 50: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 28. 3. 2007

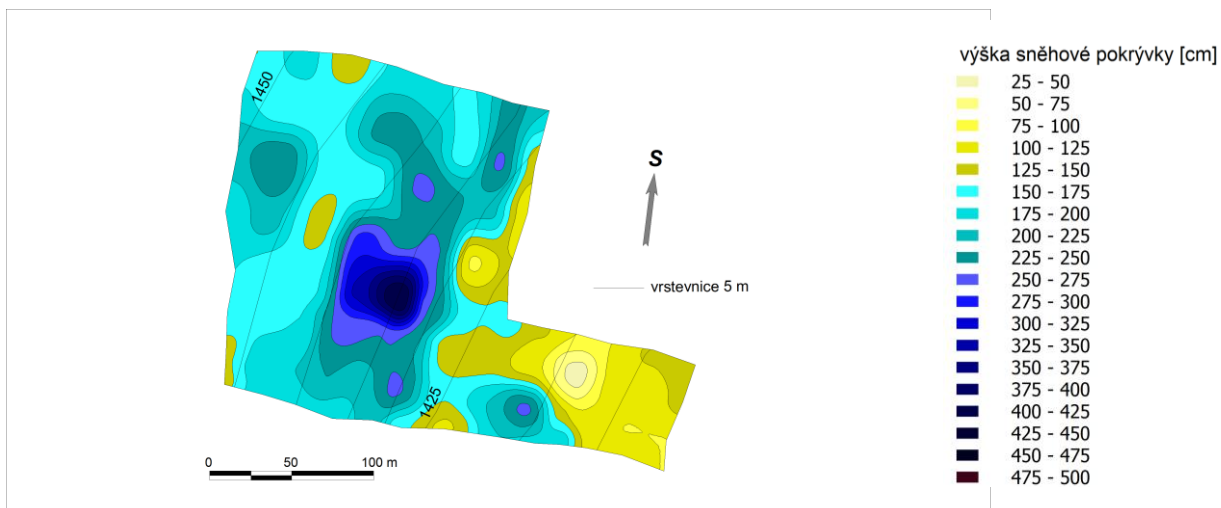
výška sněhové pokrývky [cm]



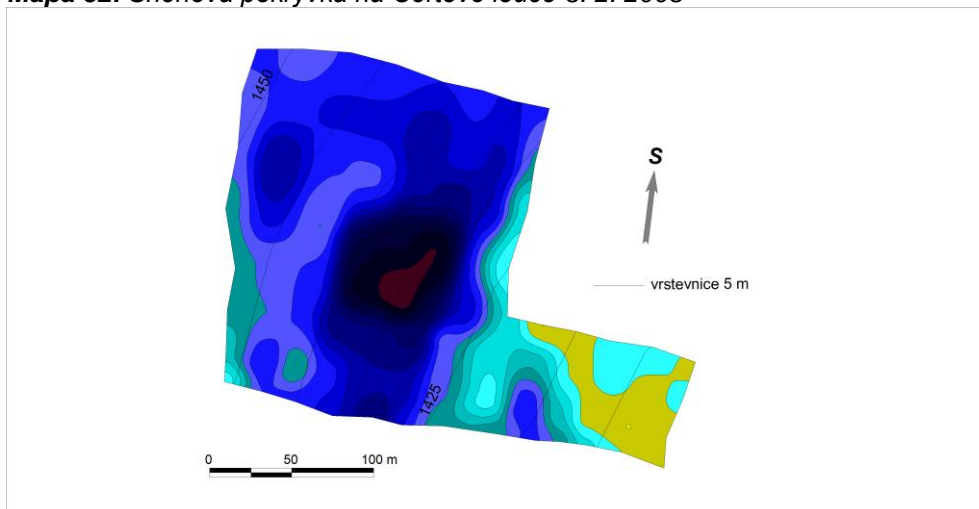
8. 5. Zimní sezóna 2007/2008



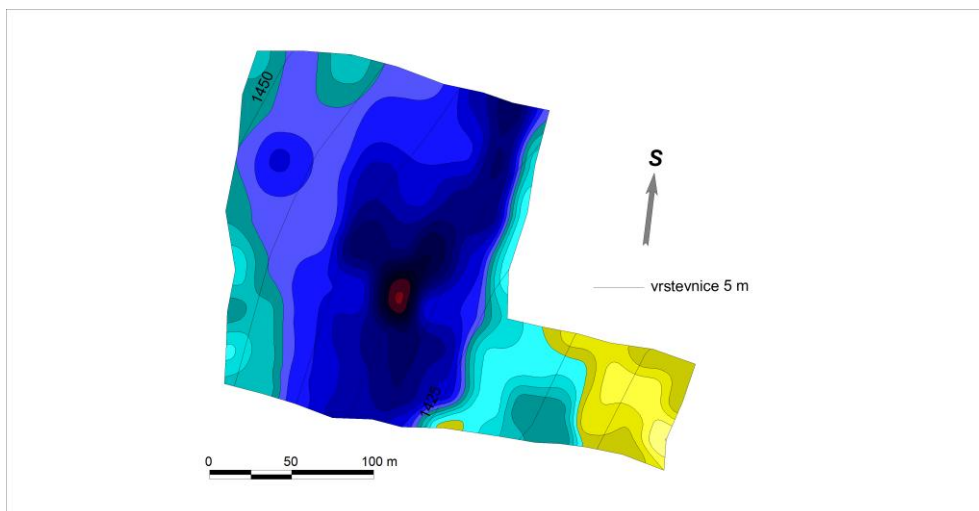
Mapa 51: Sněhová pokrývka na Čertově louce 26. 11. 2007



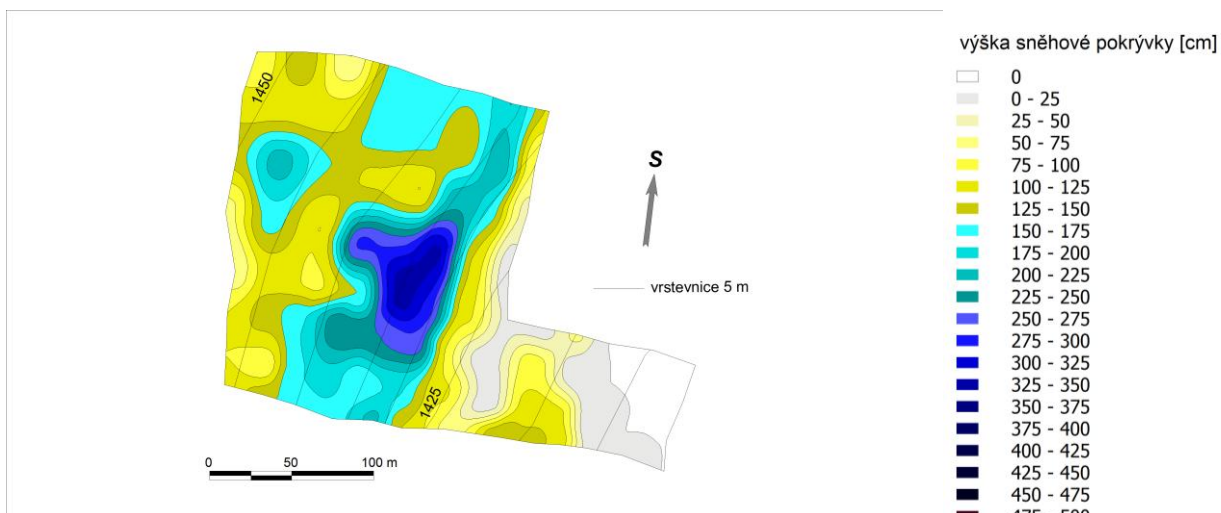
Mapa 52: Sněhová pokrývka na Čertově louce 3. 2. 2008



Mapa 53: Sněhová pokrývka na Čertově louce 19. 3. 2008



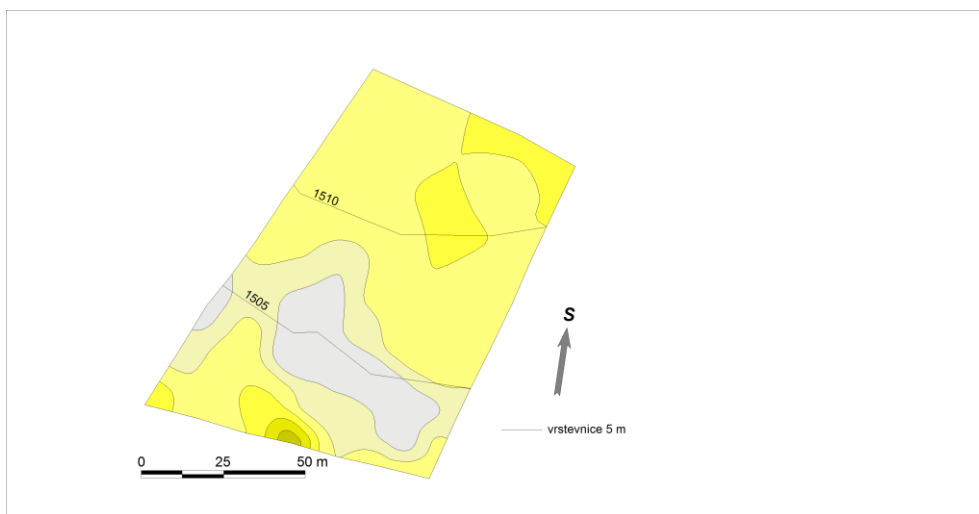
Mapa 54: Sněhová pokrývka na Čertově louce 11. 4. 2008



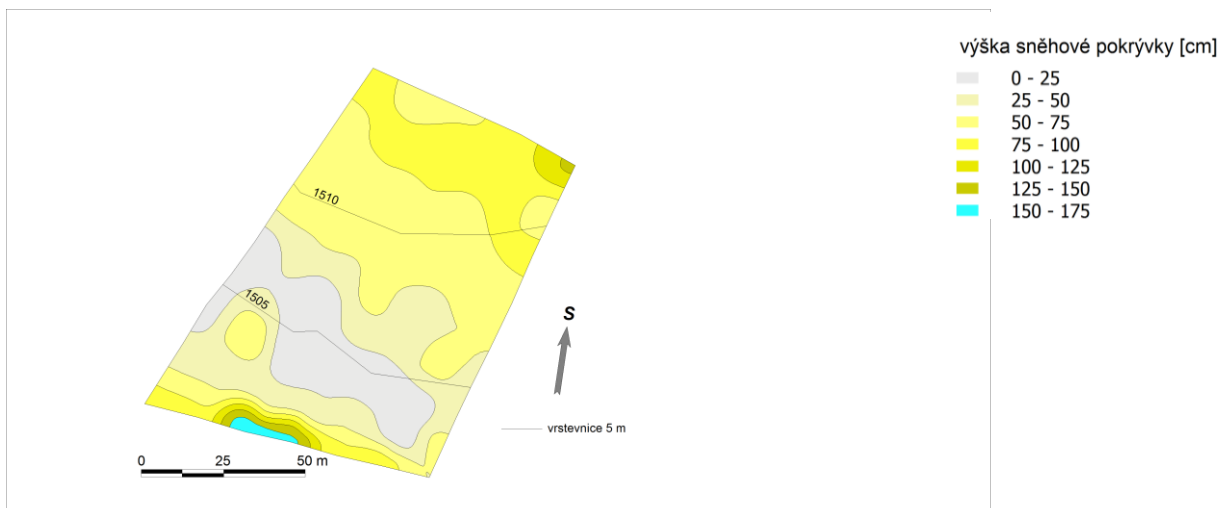
Mapa 55: Sněhová pokrývka na Čertově louce 13. 5. 2008



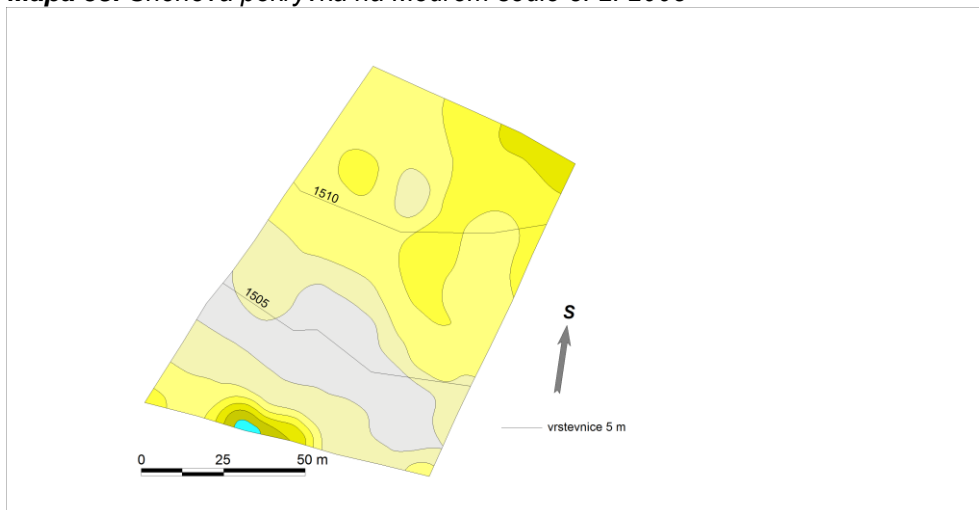
Mapa 56: Sněhová pokrývka na Čertově louce 20. 6. 2008



Mapa 57: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 26. 12. 2007



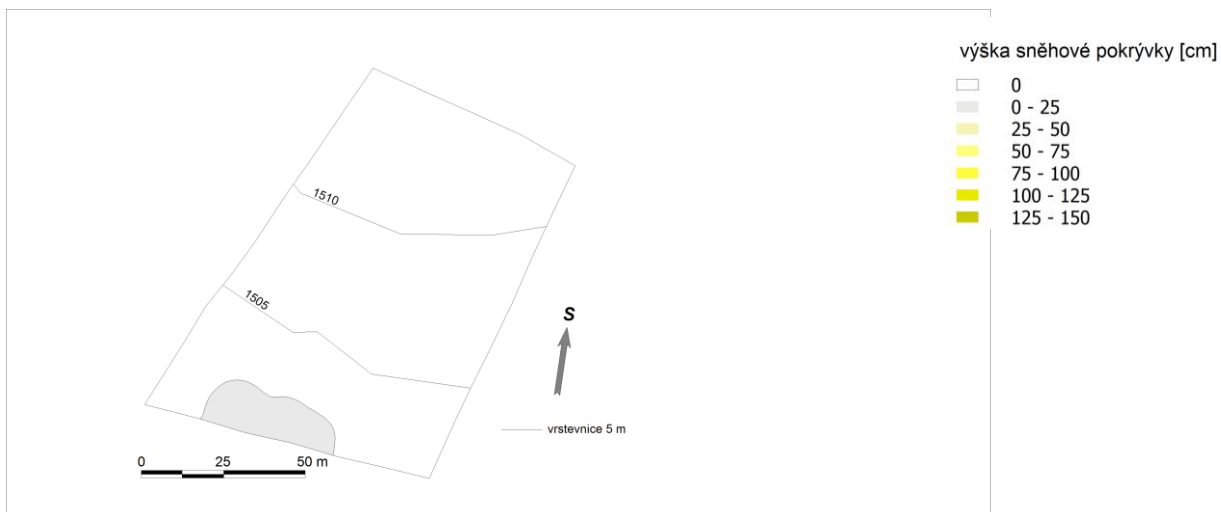
Mapa 58: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 3. 2. 2008



Mapa 59: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 19. 3. 2008

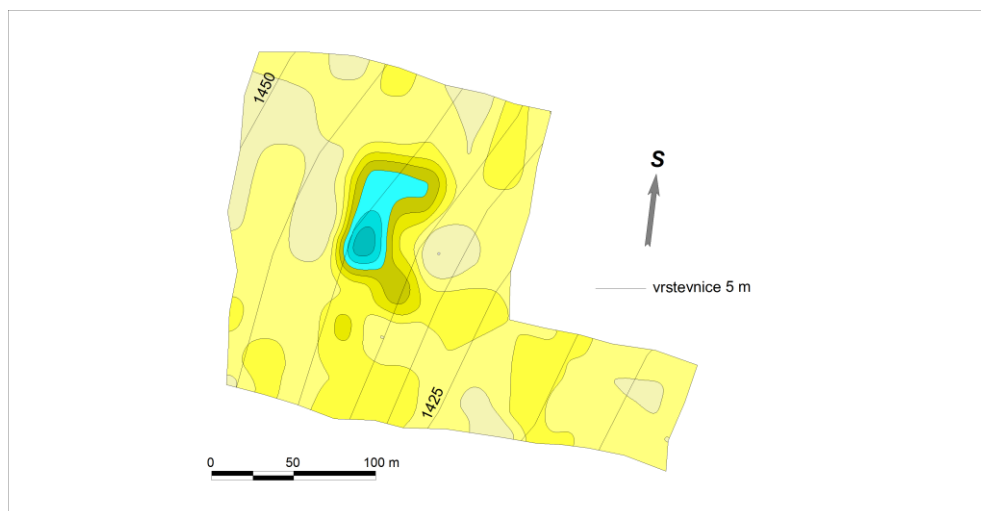


Mapa 60: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 11. 4. 2008

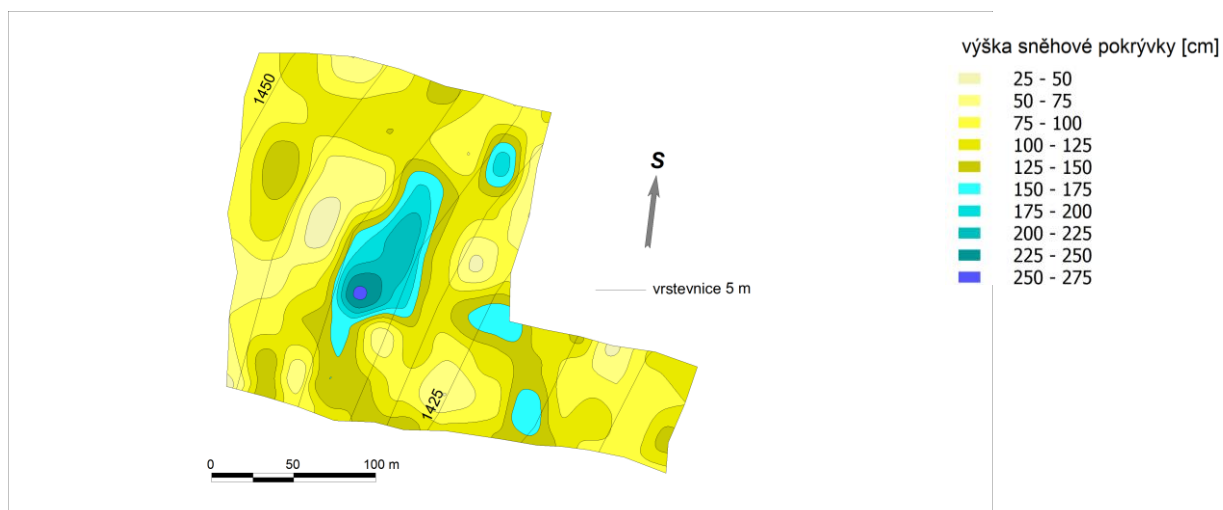


Mapa 61: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 13. 5. 2008

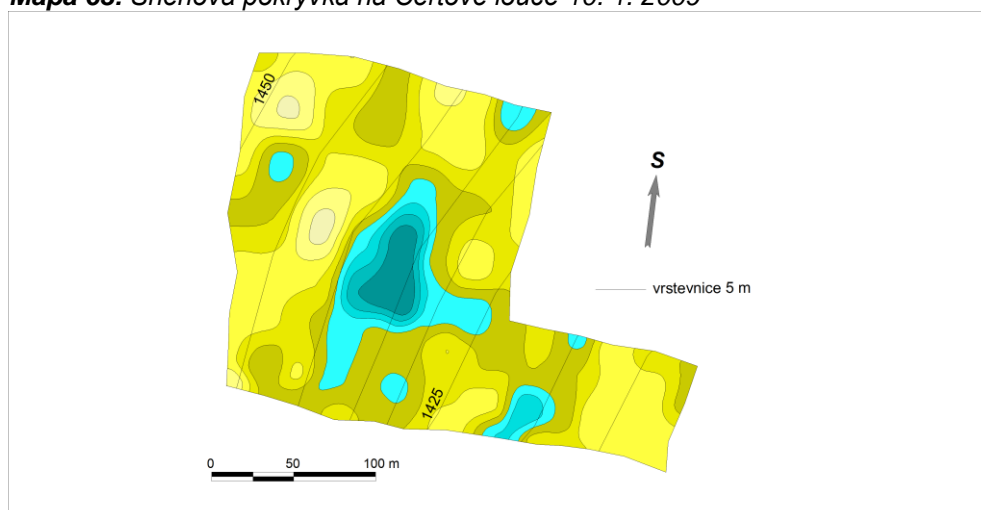
8. 6. Zimní sezóna 2008/2009



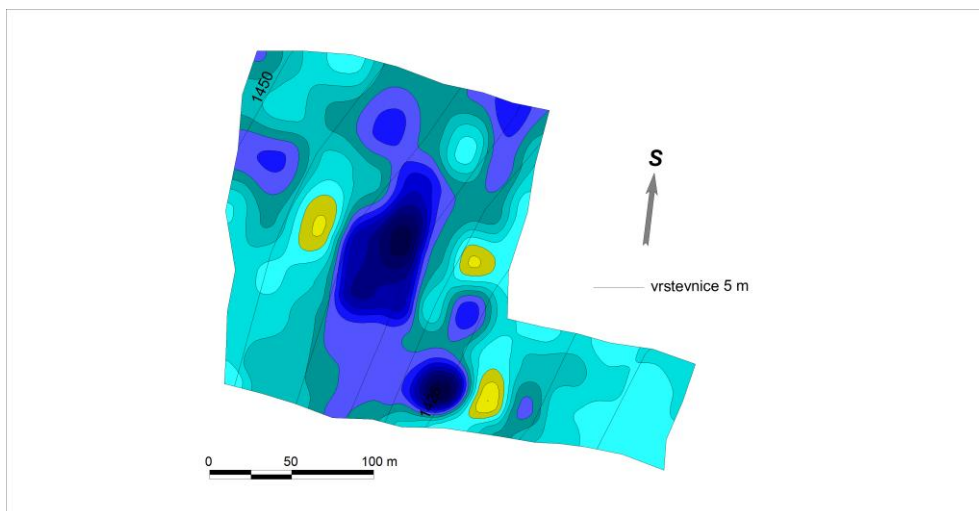
Mapa 62: Sněhová pokrývka na Čertově louce 5. 12. 2008



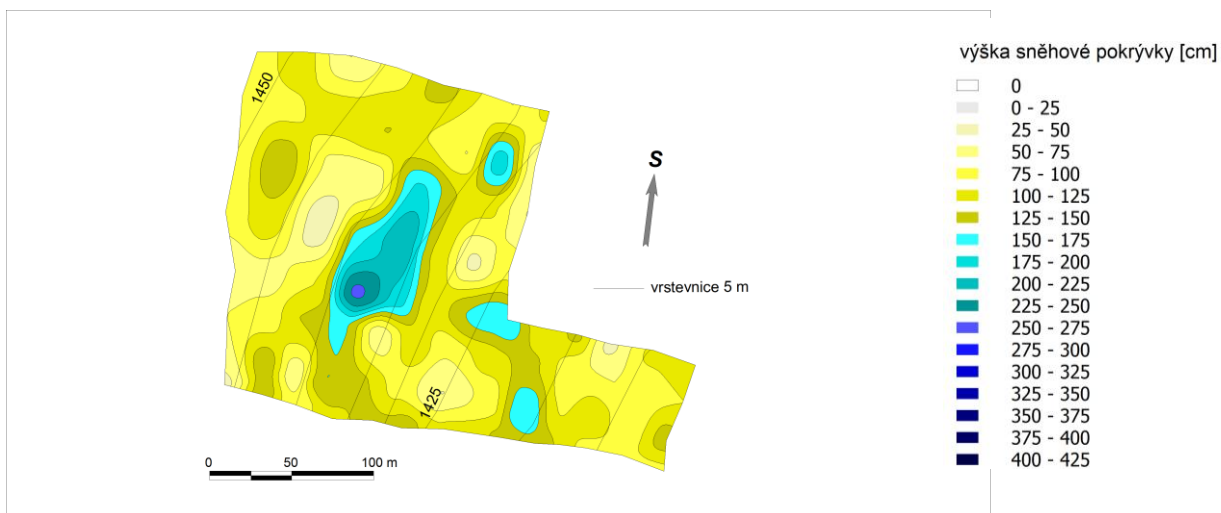
Mapa 63: Sněhová pokrývka na Čertově louce 10. 1. 2009



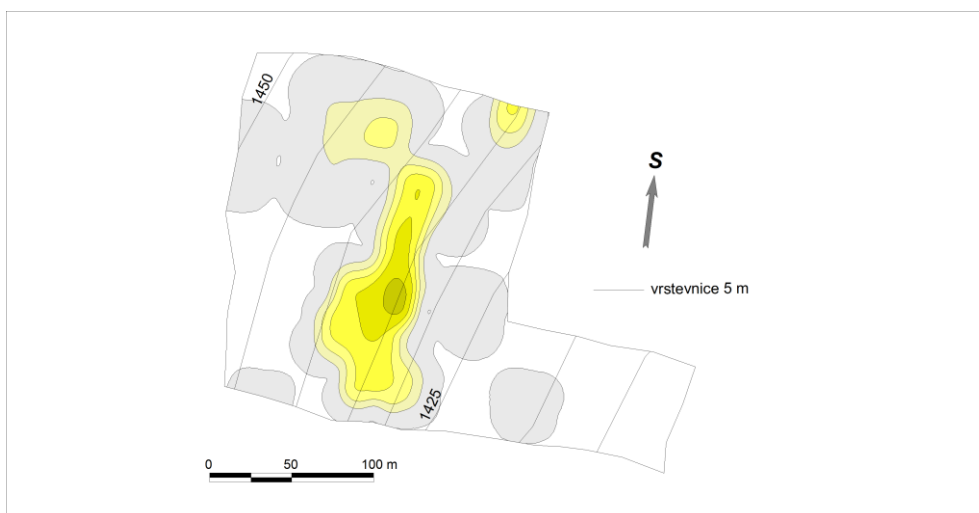
Mapa 64: Sněhová pokrývka na Čertově louce 9. 2. 2009



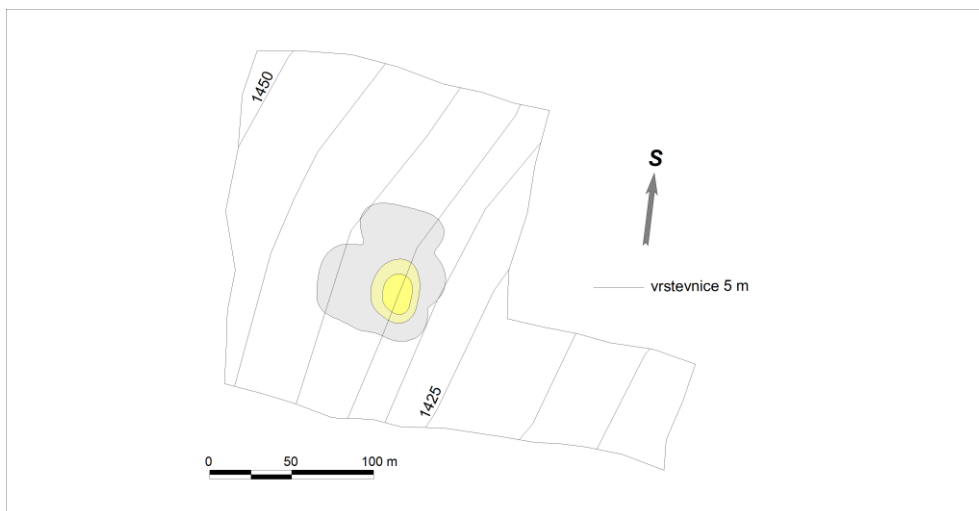
Mapa 65: Sněhová pokrývka na Čertově louce 16. 3. 2009



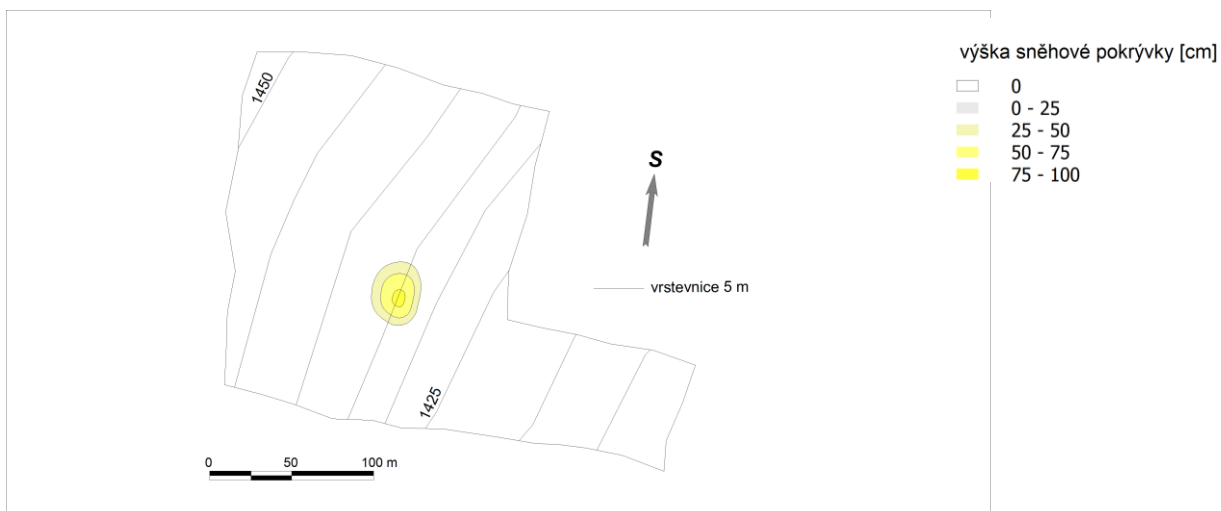
Mapa 66: Sněhová pokrývka na Čertově louce 10. 4. 2009



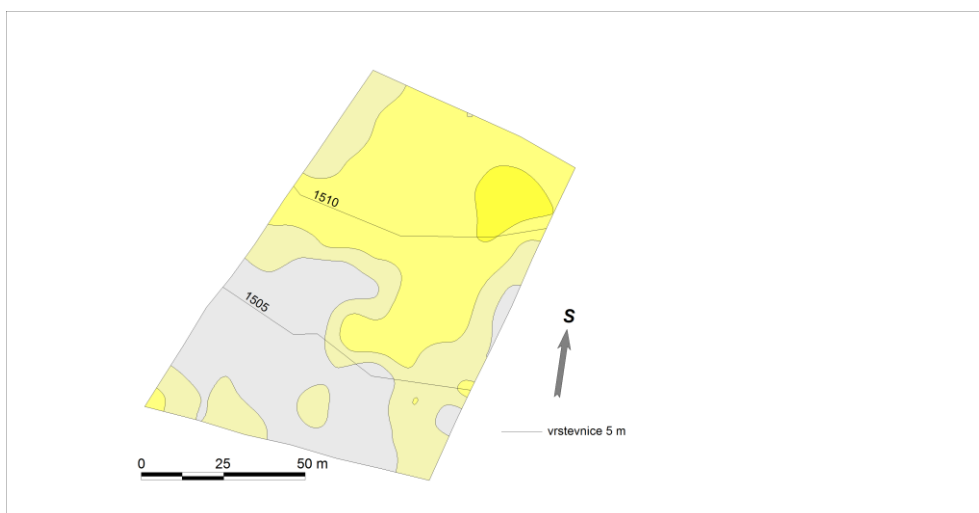
Mapa 67: Sněhová pokrývka na Čertově louce 13. 5. 2009



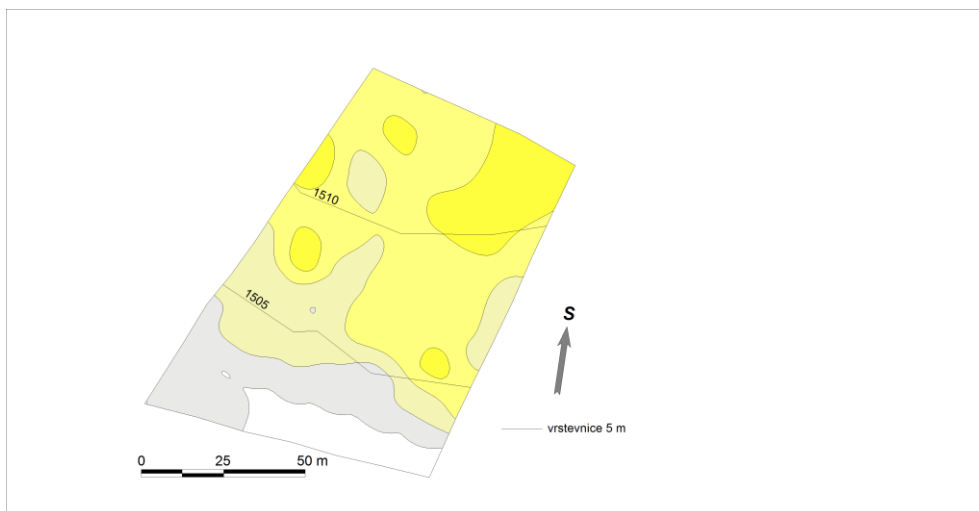
Mapa 68: Sněhová pokrývka na Čertově louce 25. 5. 2009



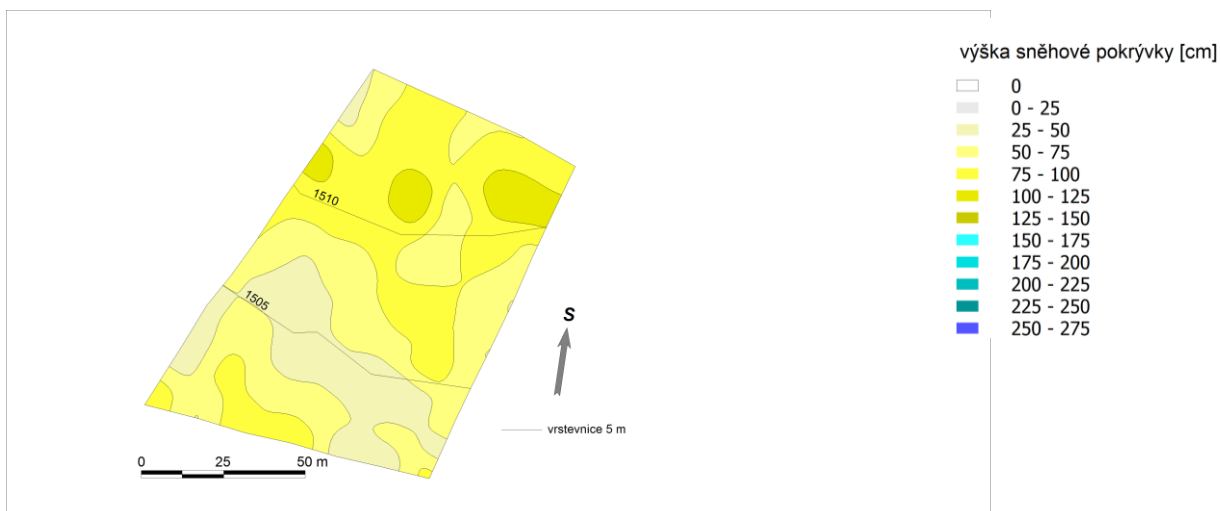
Mapa 69: Sněhová pokrývka na Čertově louce 10. 6. 2009



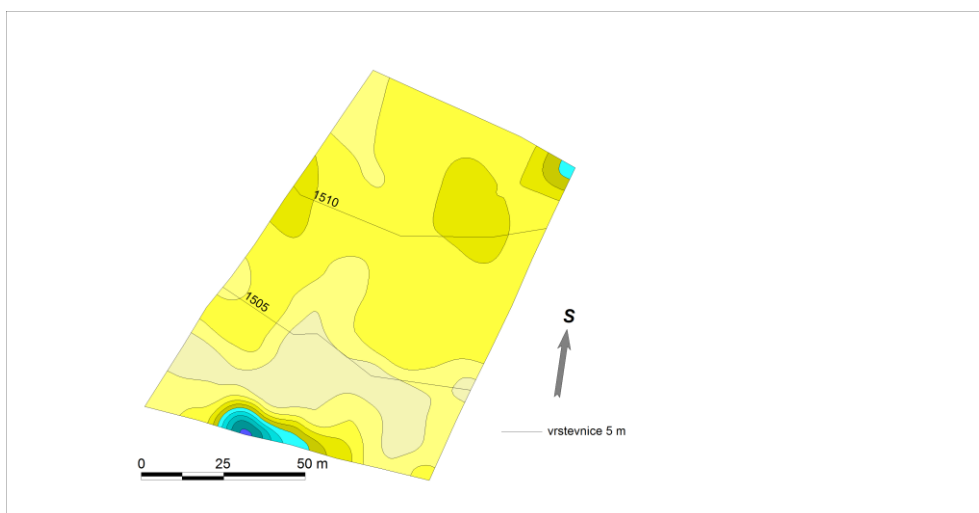
Mapa 70: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 5. 12. 2008



Mapa 71: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 10. 1. 2009



Mapa 72: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 9. 2. 2009



Mapa 73: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 16. 3. 2009

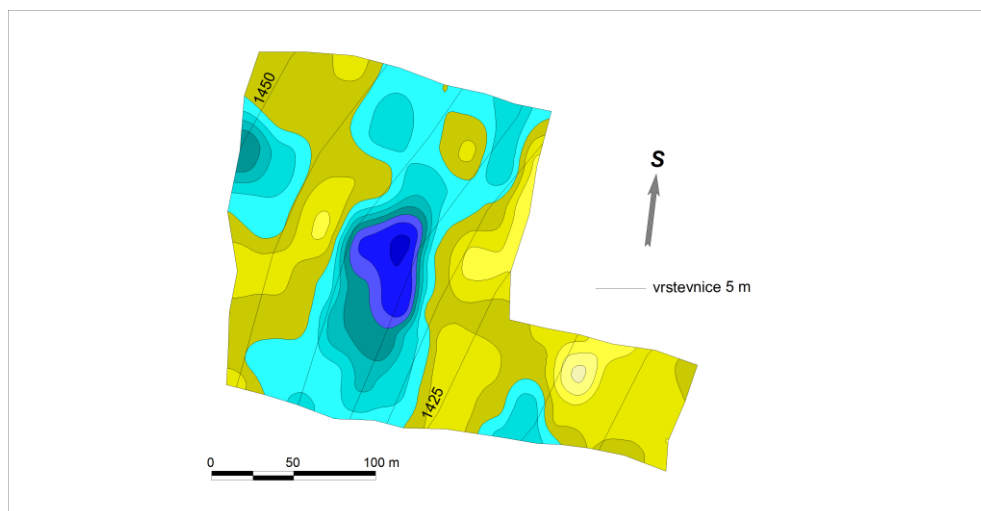


Mapa 74: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 10. 4. 2009

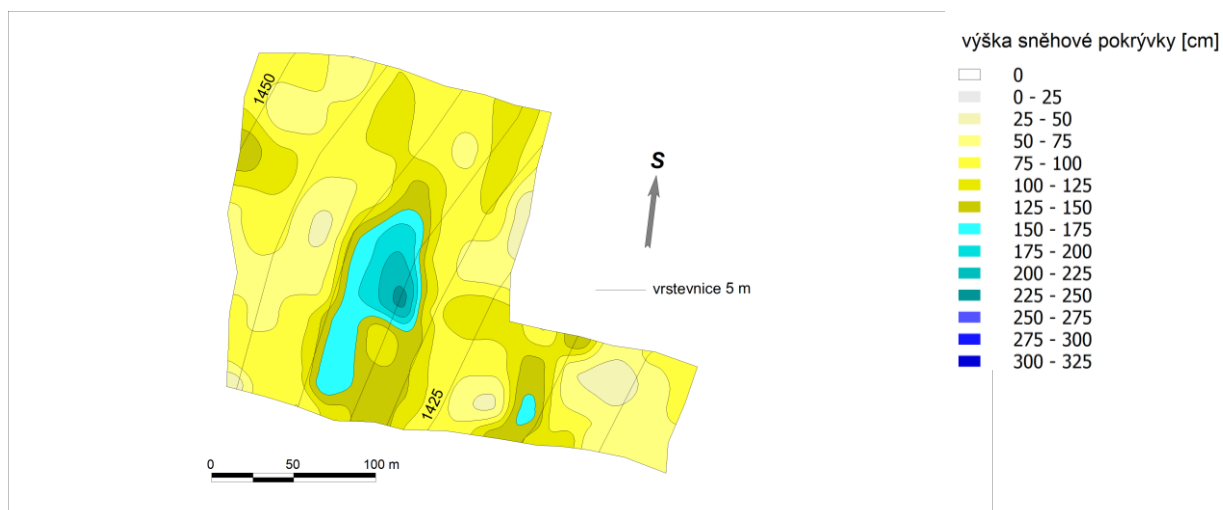
výška sněhové pokrývky [cm]

- 0
- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100

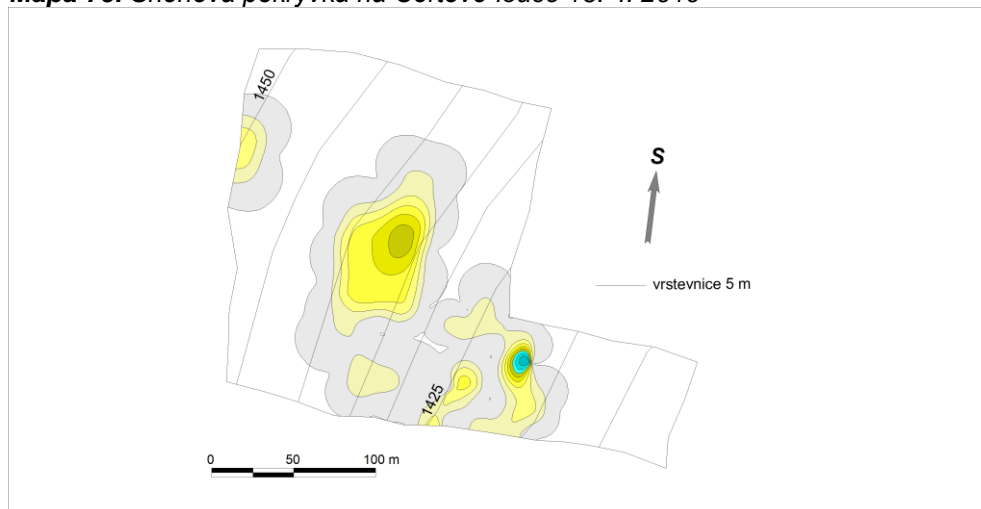
8. 7. Zimní sezóna 2009/2010



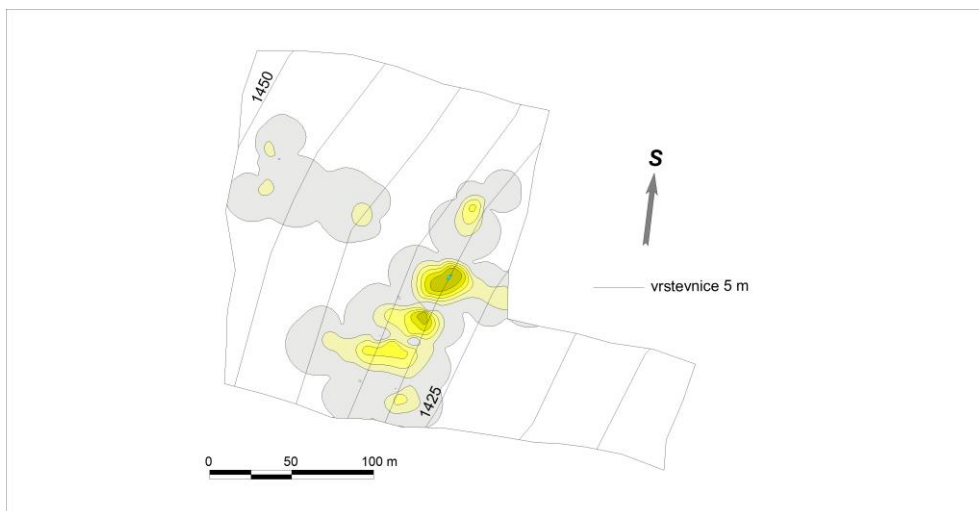
Mapa 75: Sněhová pokrývka na Čertově louce 18. 3. 2010



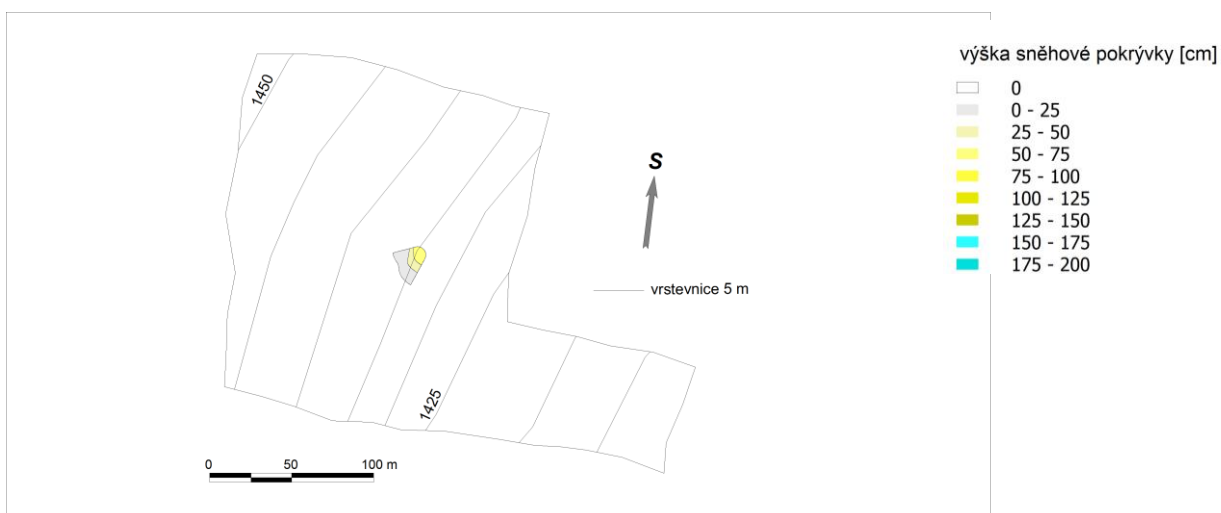
Mapa 76: Sněhová pokrývka na Čertově louce 16. 4. 2010



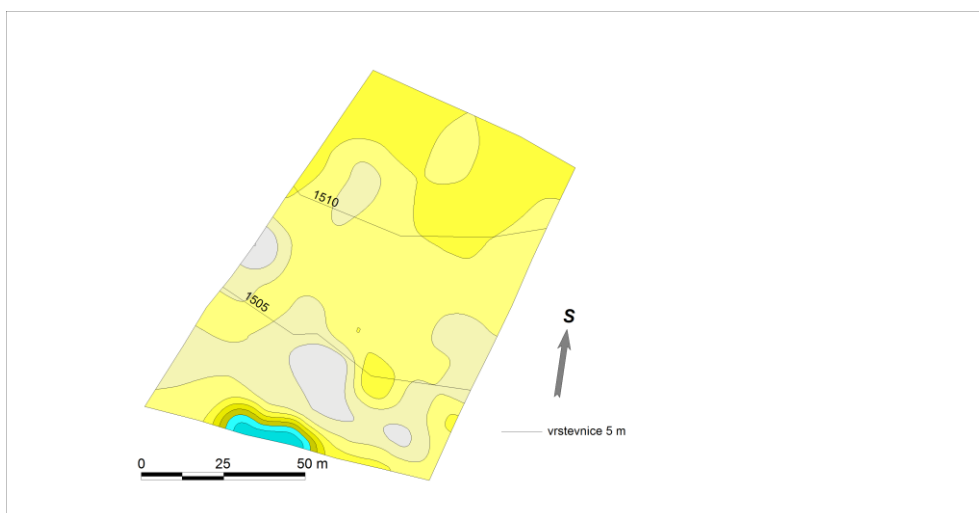
Mapa 77: Sněhová pokrývka na Čertově louce 8. 5. 2010



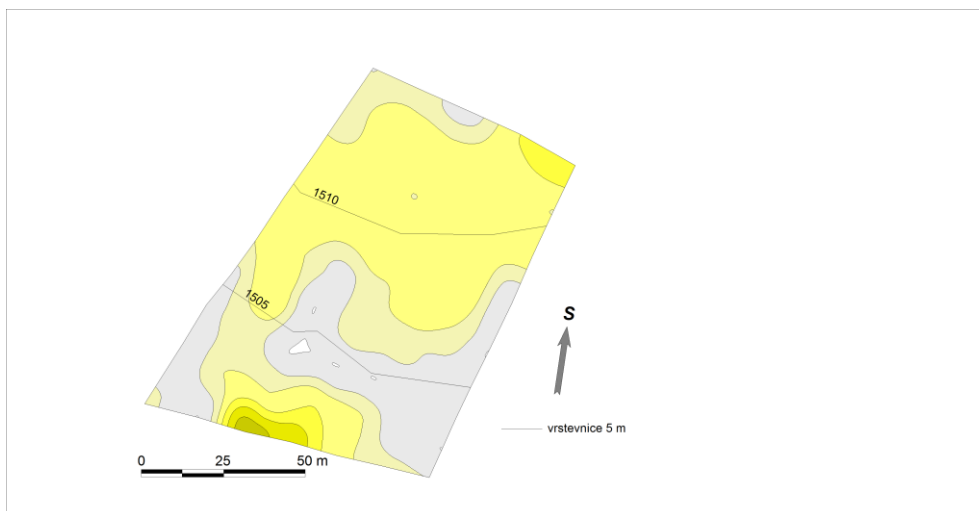
Mapa 78: Sněhová pokrývka na Čertově louce 19. 5. 2010



Mapa 79: Sněhová pokrývka na Čertově louce 8. 6. 2010



Mapa 80: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 8. 2. 2010

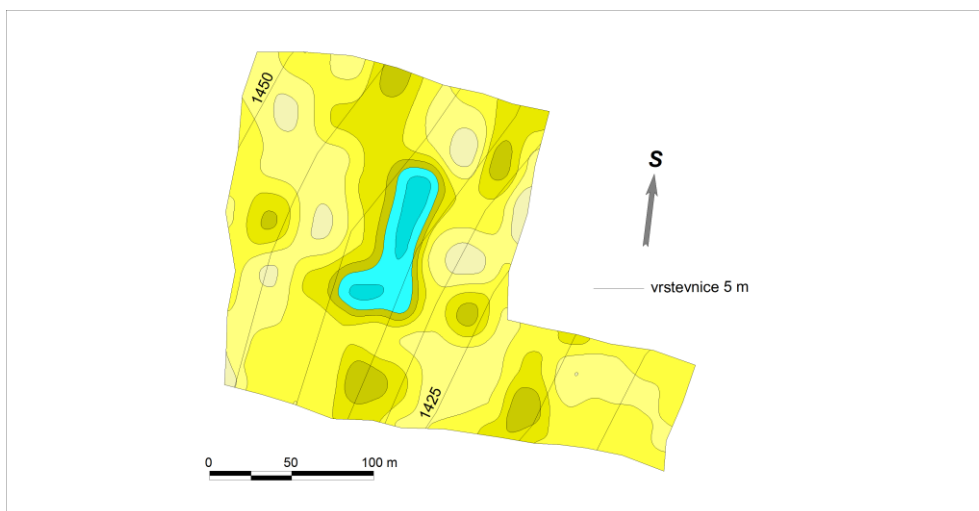


Mapa 81: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 16. 4. 2010



Mapa 82: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 8. 5. 2010

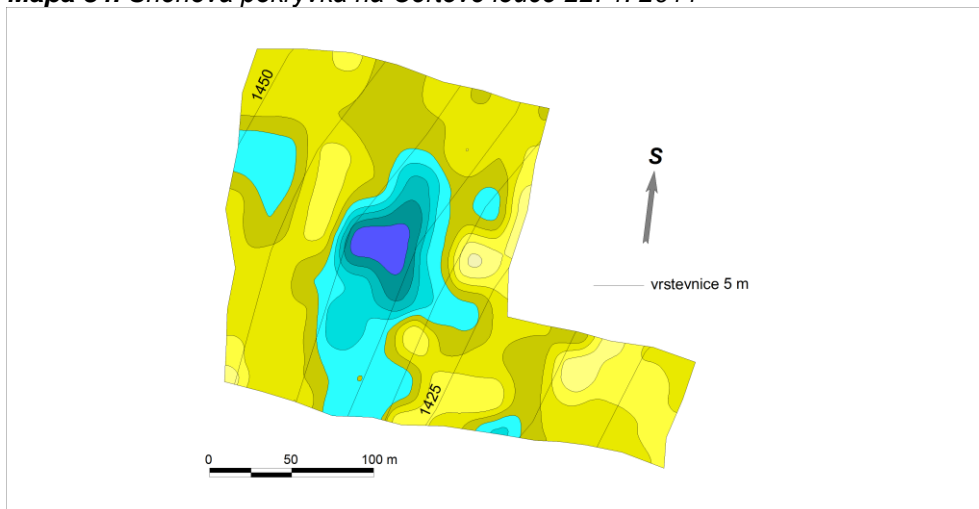
8. 8. Zimní sezóna 2010/2011



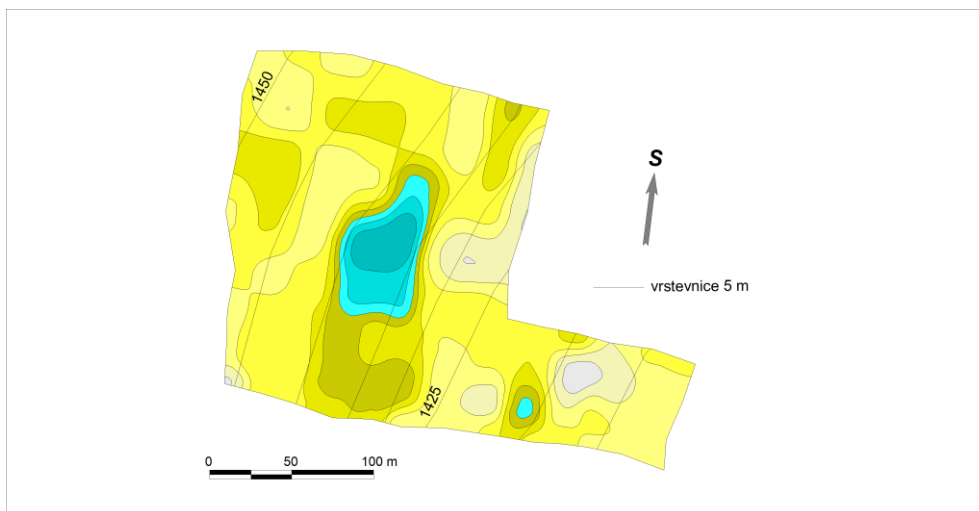
Mapa 83: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 12. 2010



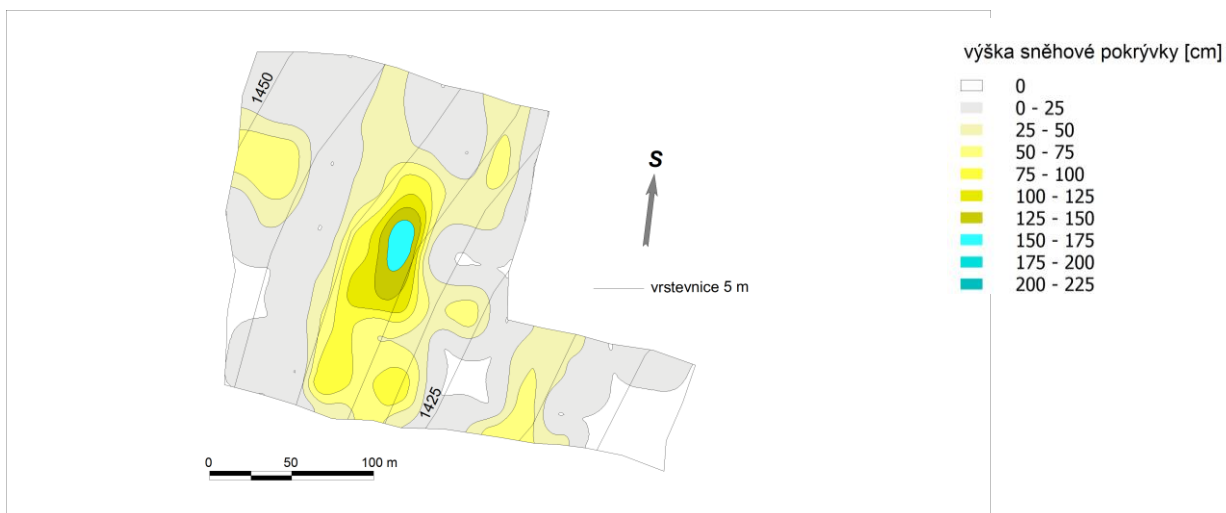
Mapa 84: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 1. 2011



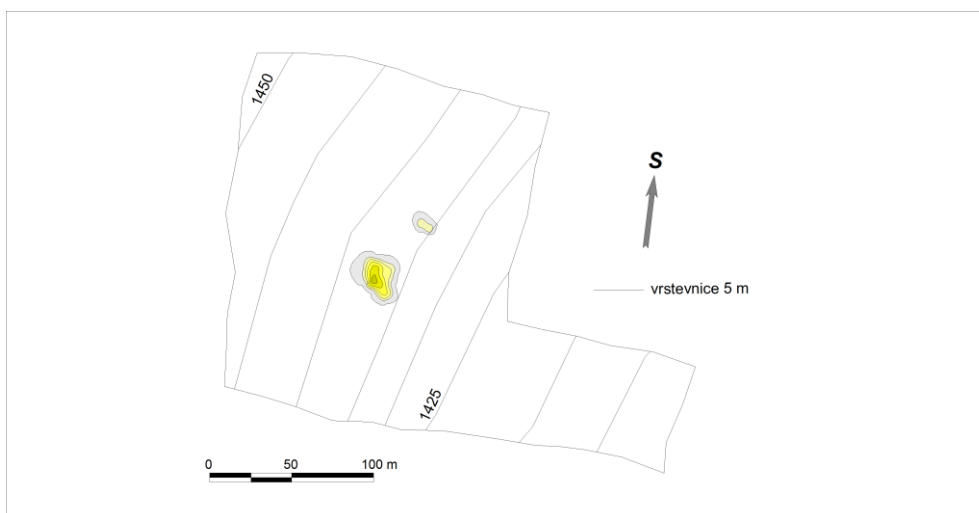
Mapa 85: Sněhová pokrývka na Čertově louce 18. 2. 2011



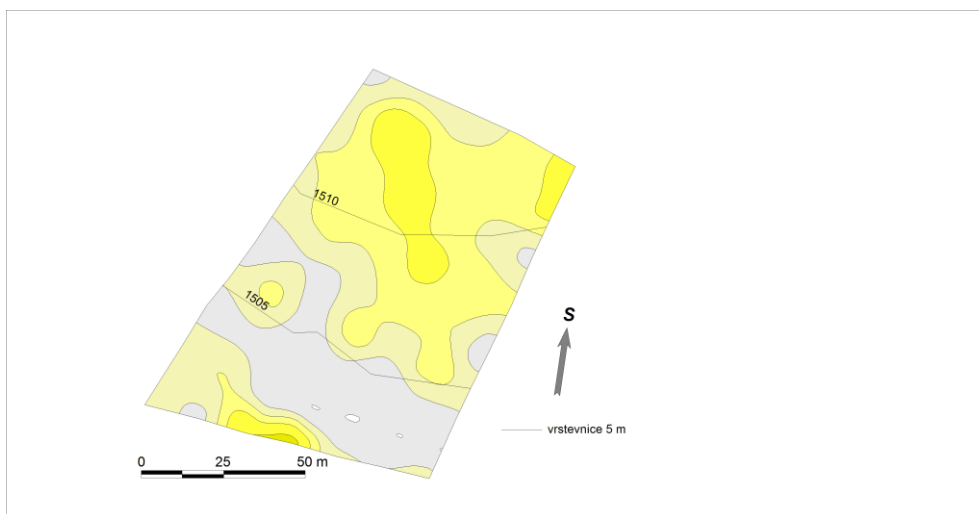
Mapa 86: Sněhová pokrývka na Čertově louce 23. 3. 2011



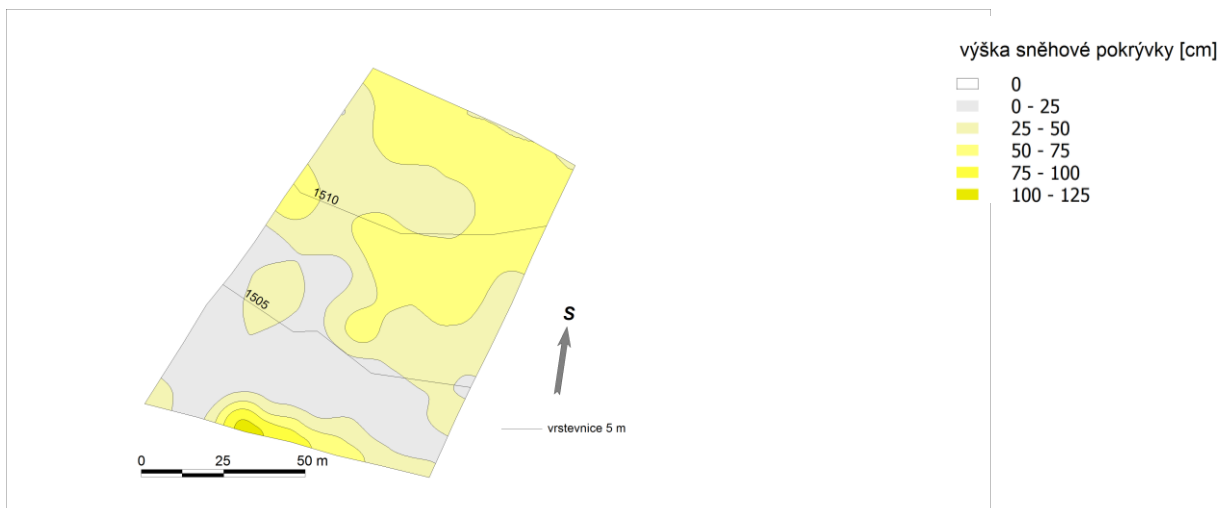
Mapa 87: Sněhová pokrývka na Čertově louce 22. 4. 2011



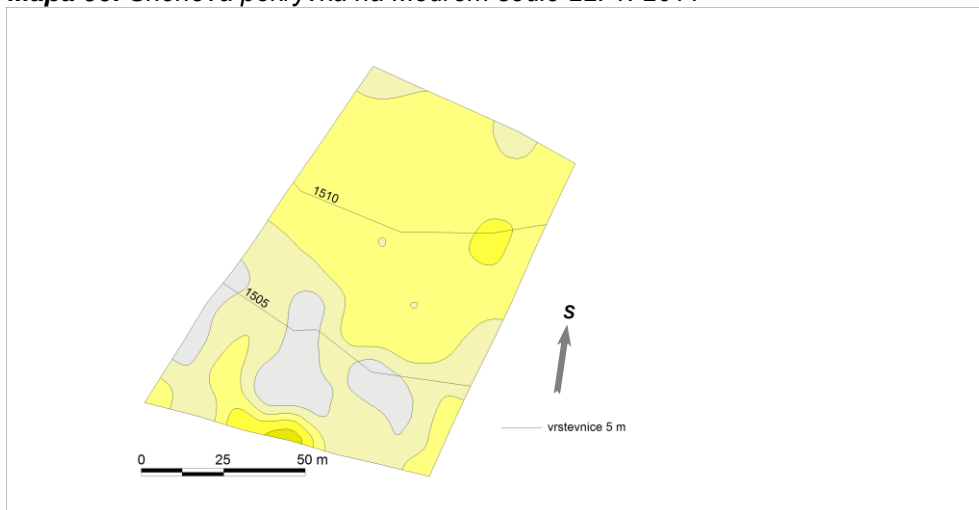
Mapa 88: Sněhová pokrývka na Čertově louce 19. 5. 2011



Mapa 89: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 12. 2010



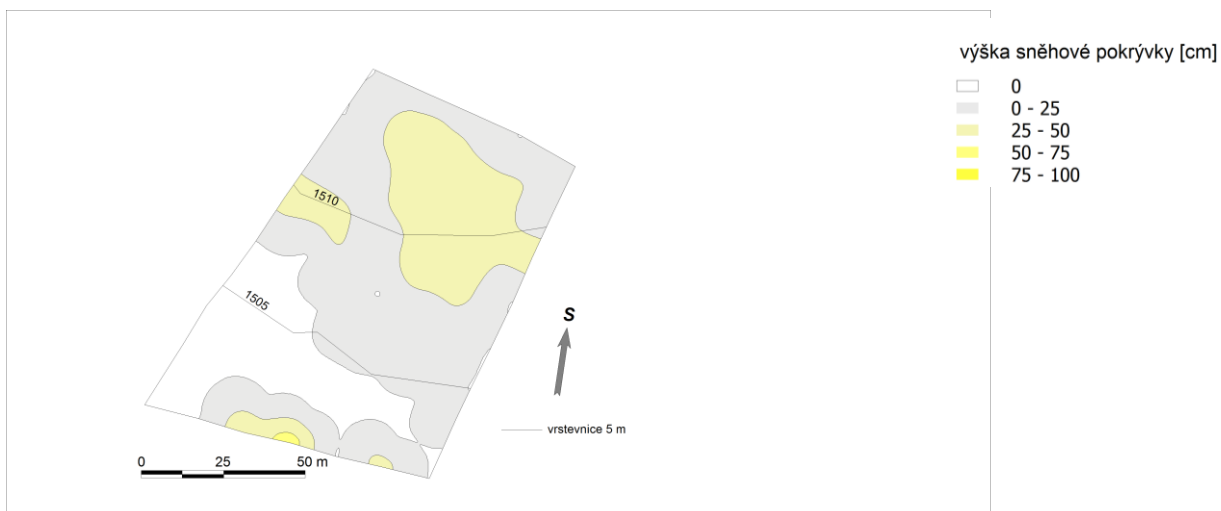
Mapa 90: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 1. 2011



Mapa 91: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 18. 2. 2011

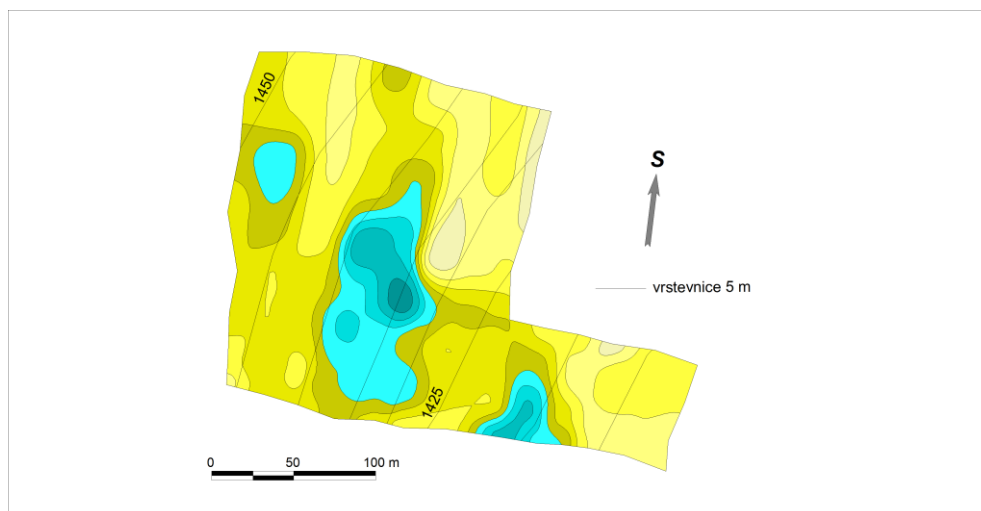


Mapa 92: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 23. 3. 2011

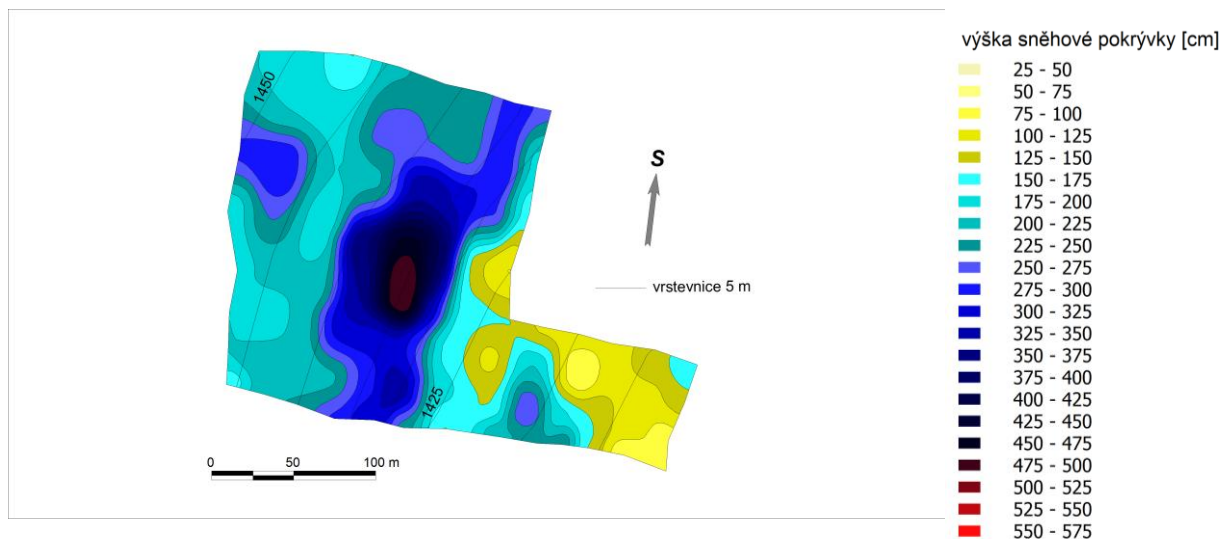


Mapa 93: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 22. 4. 2011

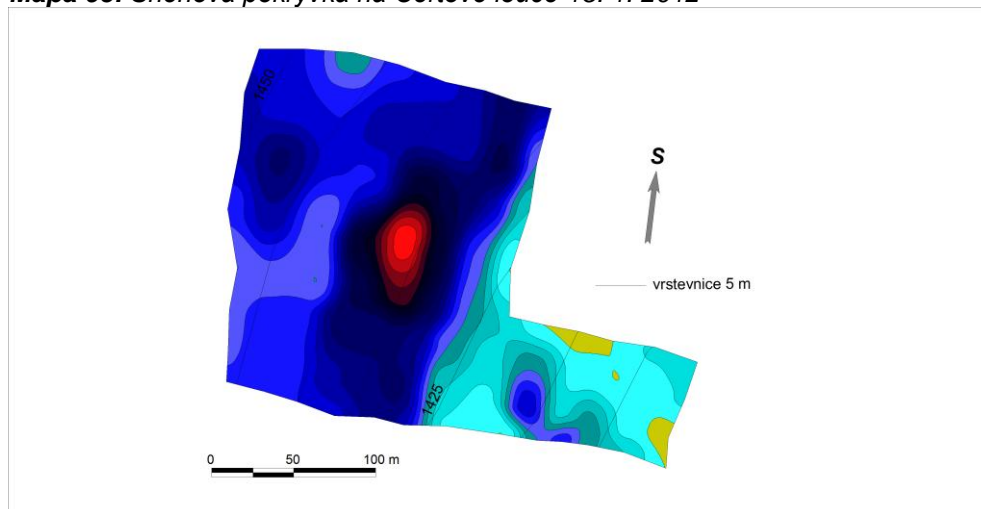
8. 9. Zimní sezóna 2011/2012



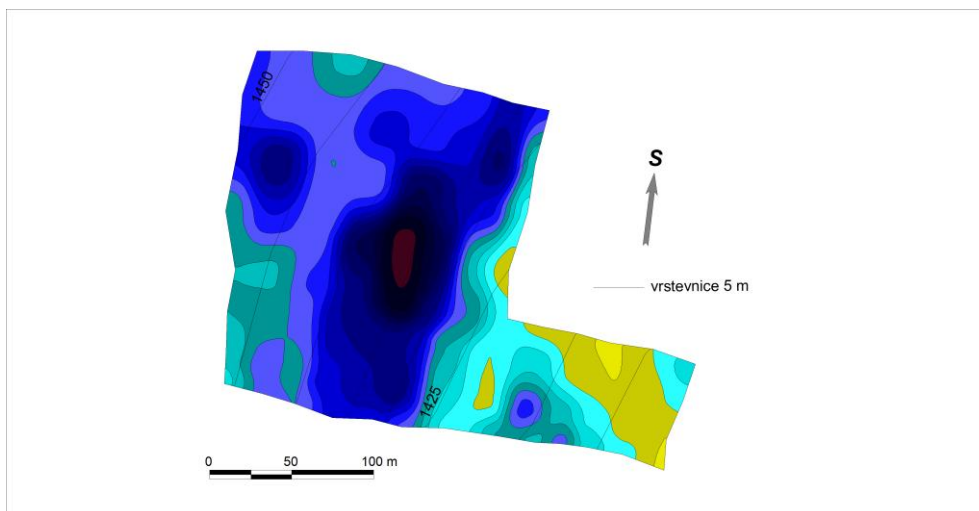
Mapa 94: Sněhová pokrývka na Čertově louce 17. 12. 2011



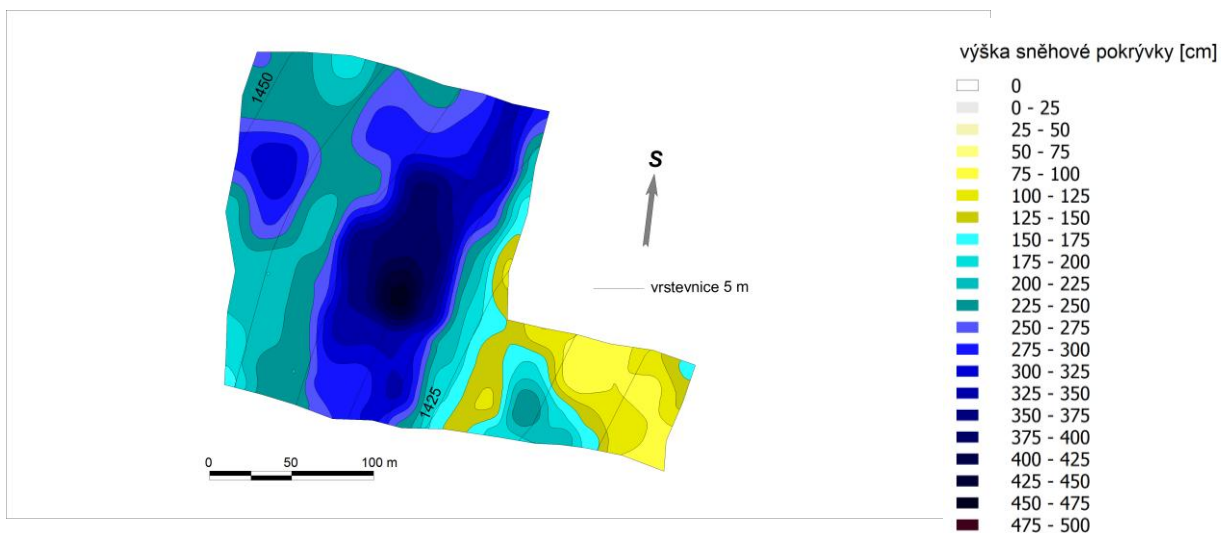
Mapa 95: Sněhová pokrývka na Čertově louce 15. 1. 2012



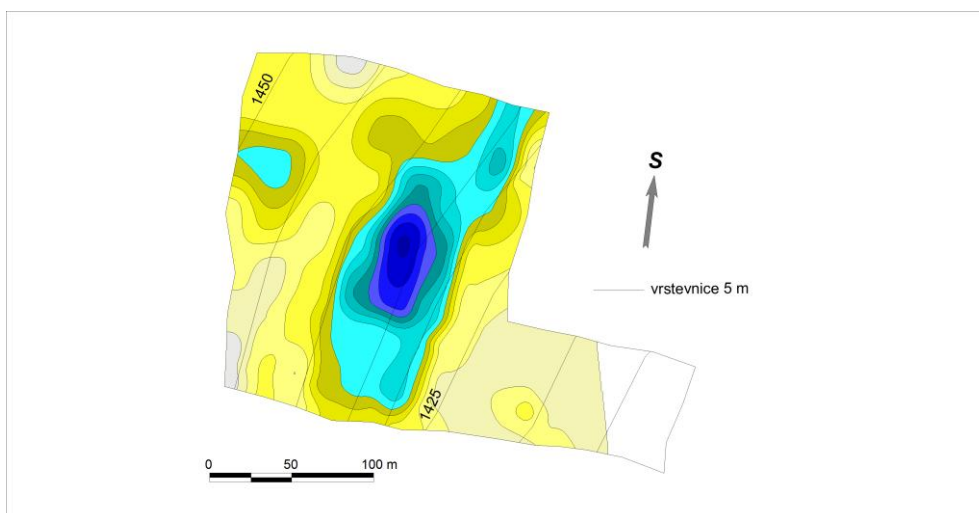
Mapa 96: Sněhová pokrývka na Čertově louce 18. 2. 2012



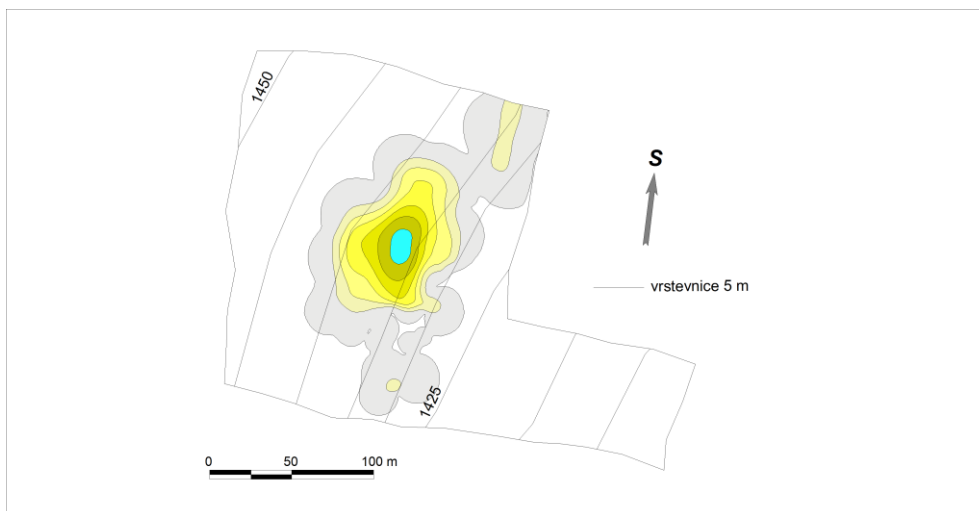
Mapa 97: Sněhová pokrývka na Čertově louce 17. 3. 2012



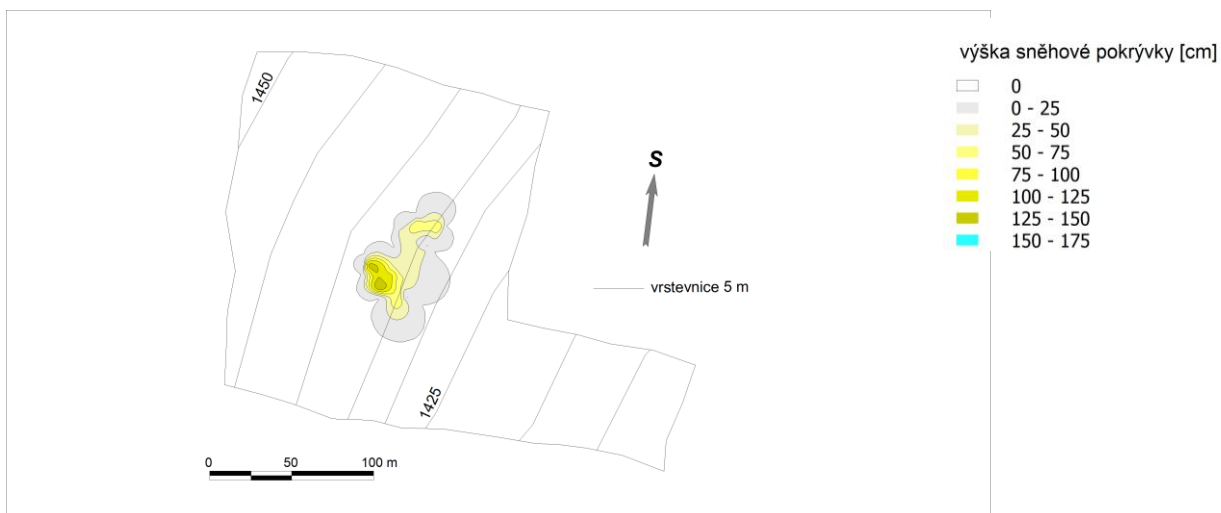
Mapa 98: Sněhová pokrývka na Čertově louce 14. 4. 2012



Mapa 99: Sněhová pokrývka na Čertově louce 10. 5. 2012



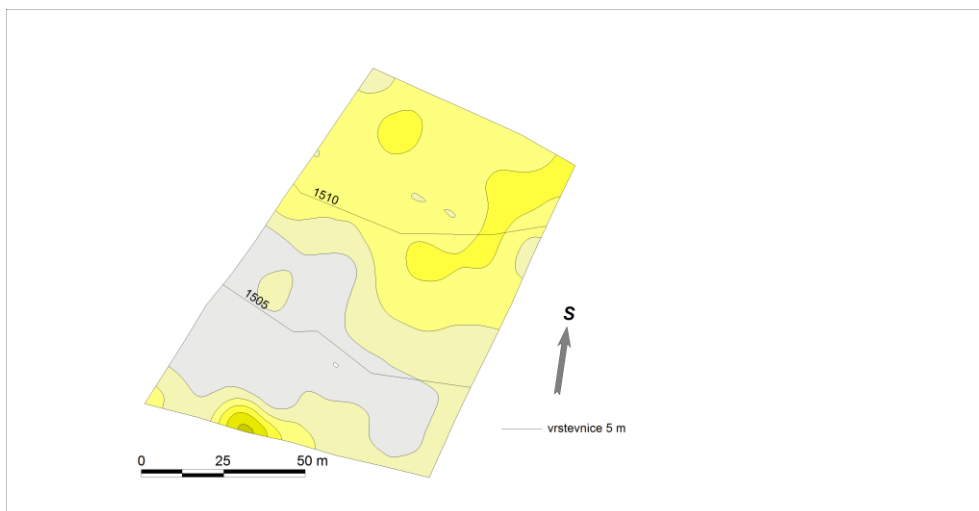
Mapa 100: Sněhová pokrývka na Čertově louce 24. 5. 2012



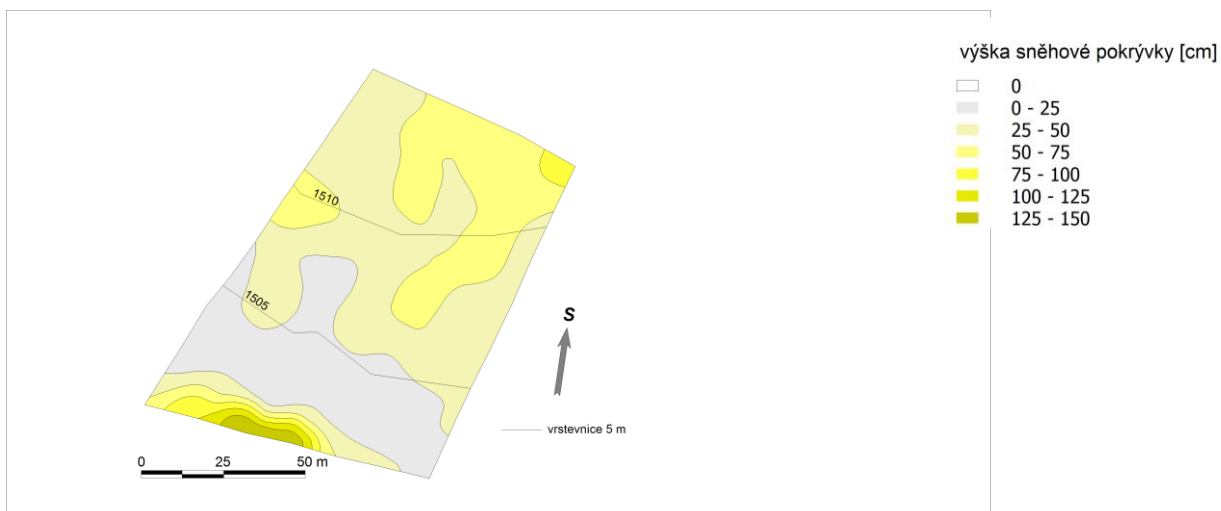
Mapa 101: Sněhová pokrývka na Čertově louce 7. 6. 2012



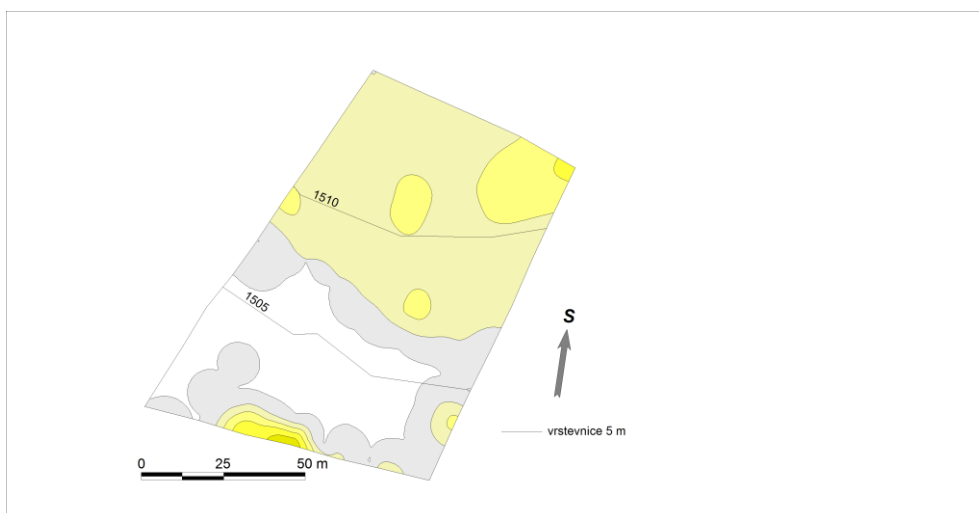
Mapa 102: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 17. 12. 2011



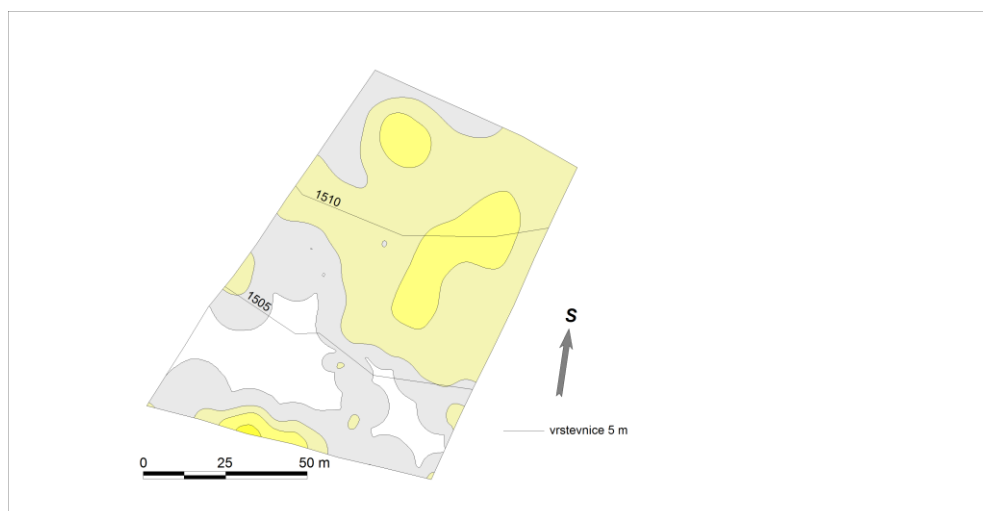
Mapa 103: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 15. 1. 2012



Mapa 104: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 18. 2. 2012



Mapa 105: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 17. 3. 2012

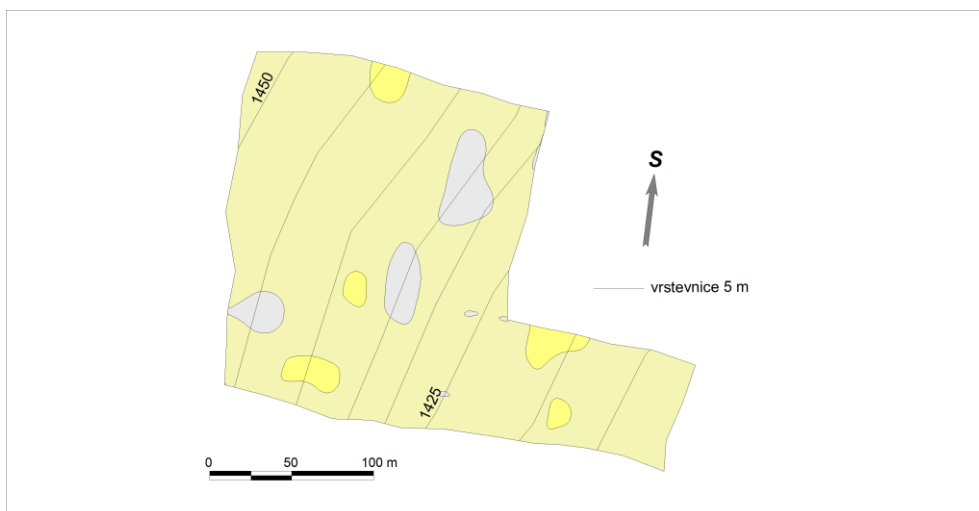


Mapa 106: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 14. 4. 2012

výška sněhové pokrývky [cm]

- 0
- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100

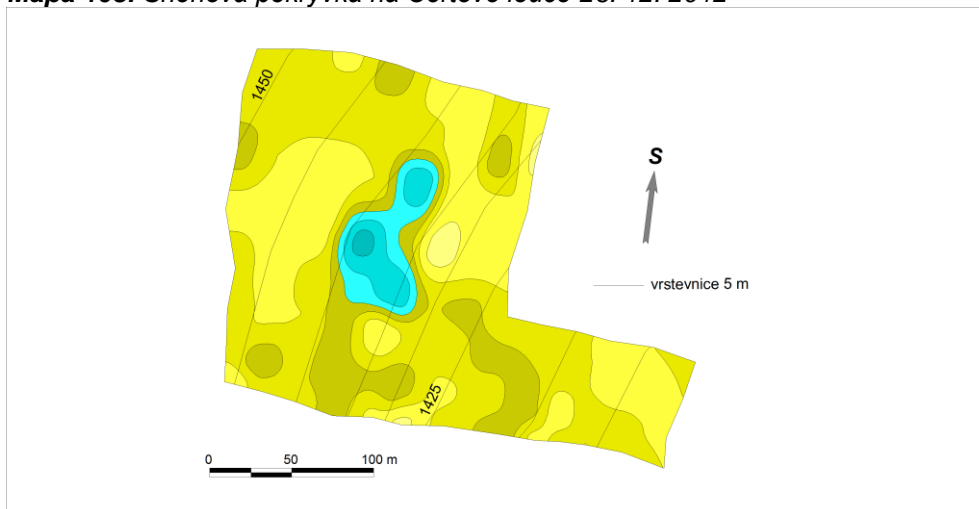
8. 10. Zimní sezóna 2012/2013



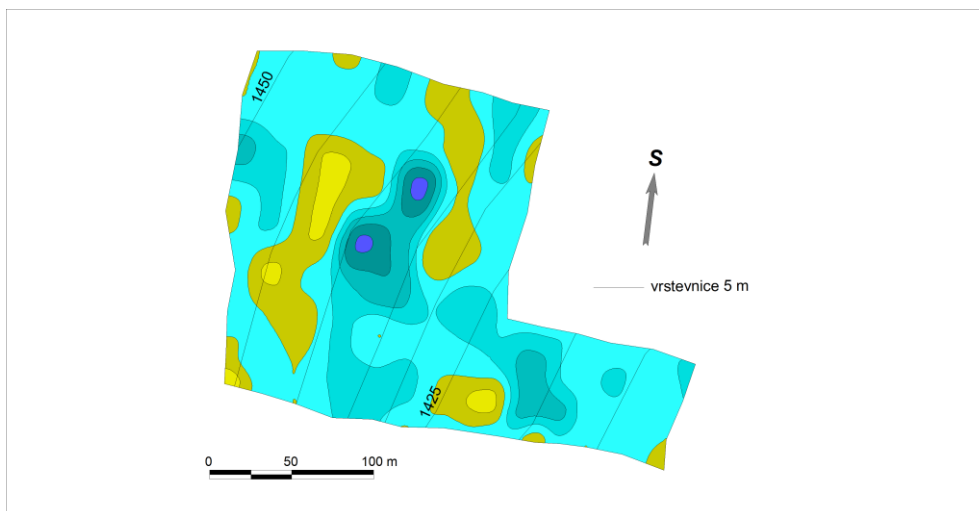
Mapa 107: Sněhová pokrývka na Čertově louce 8. 12. 2012



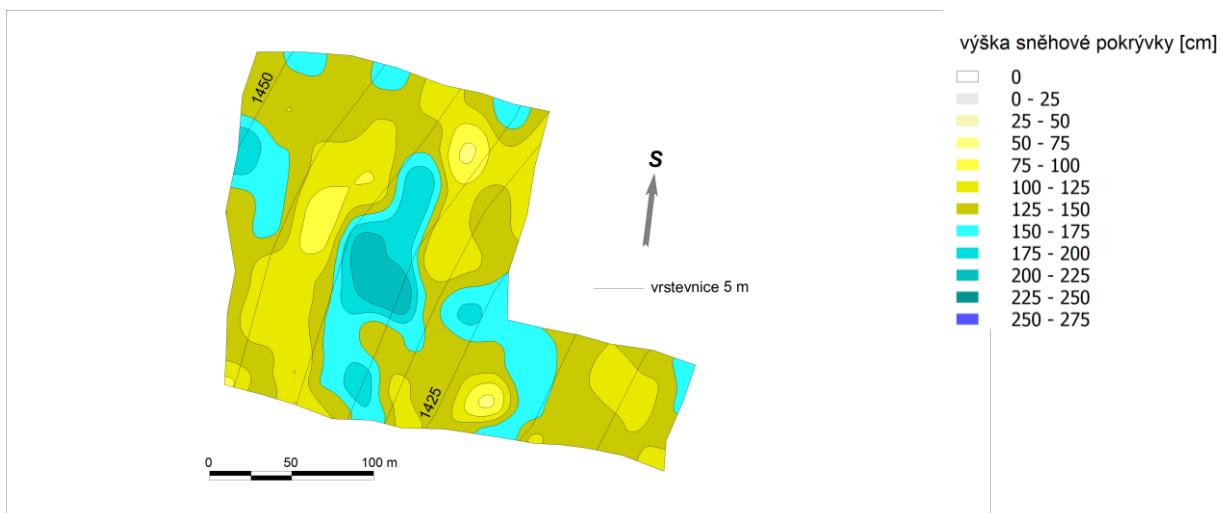
Mapa 108: Sněhová pokrývka na Čertově louce 26. 12. 2012



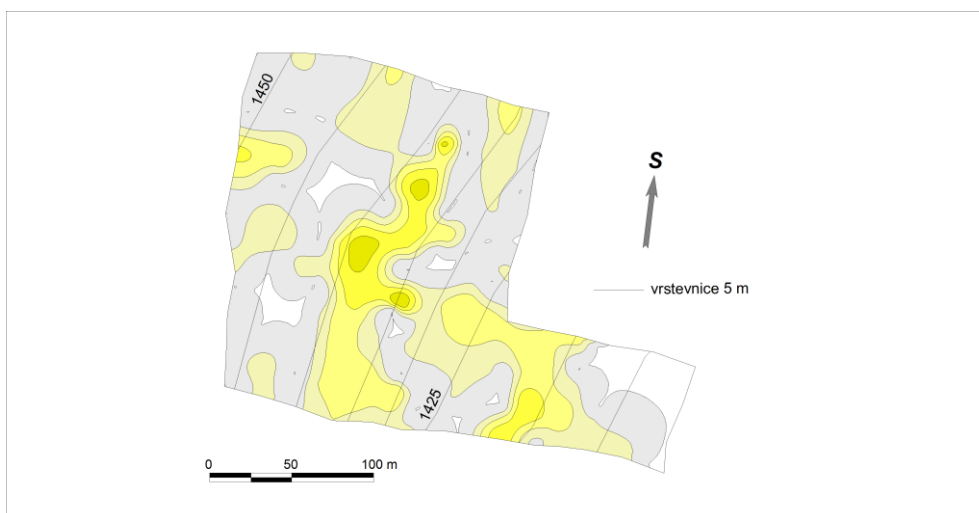
Mapa 109: Sněhová pokrývka na Čertově louce 29. 1. 2013



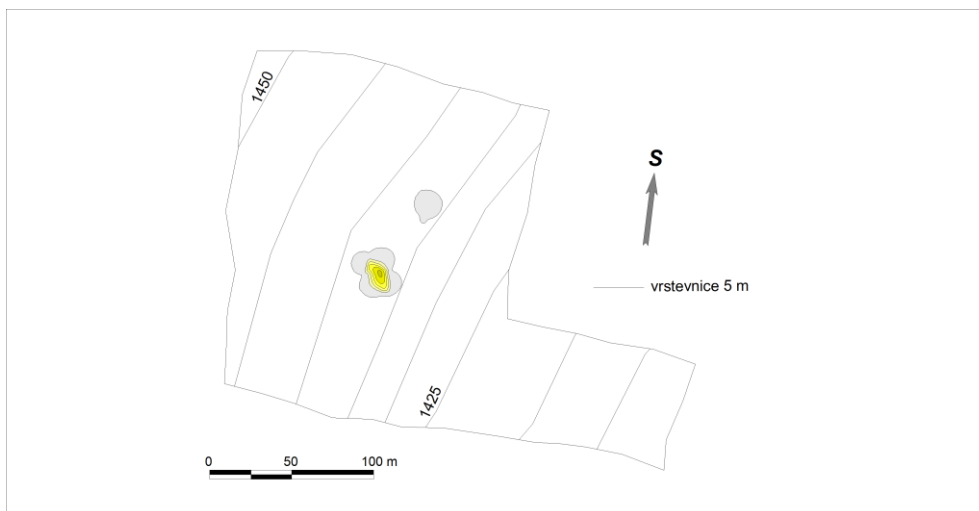
Mapa 110: Sněhová pokrývka na Čertově louce 25. 2. 2013



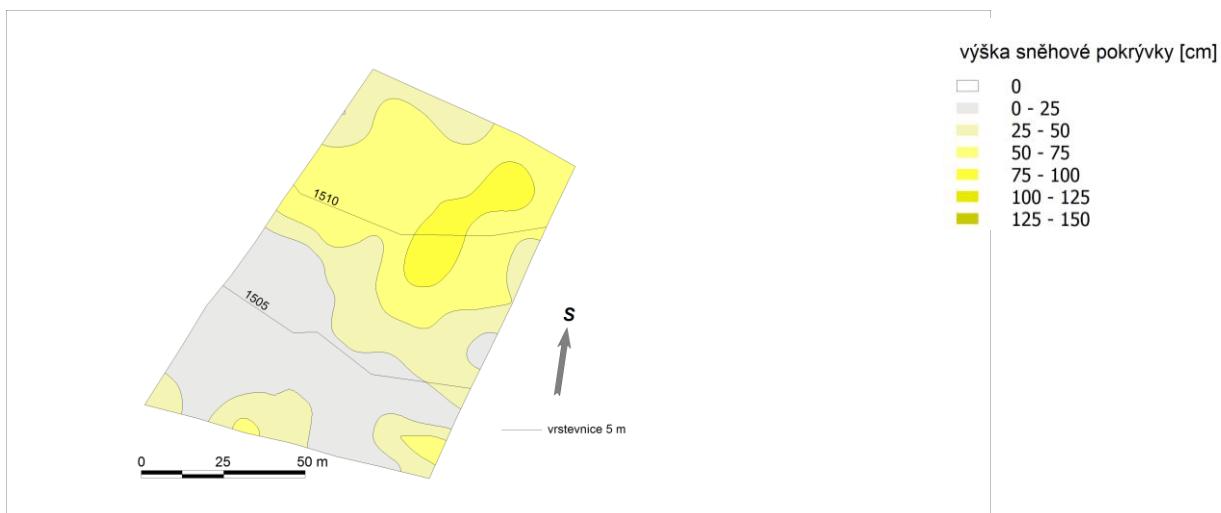
Mapa 111: Sněhová pokrývka na Čertově louce 29. 3. 2013



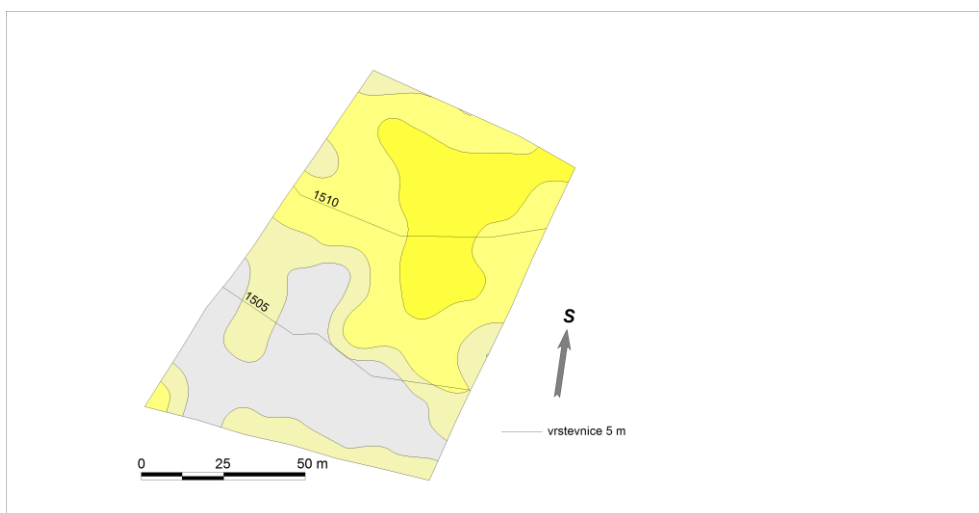
Mapa 112: Sněhová pokrývka na Čertově louce 29. 4. 2013



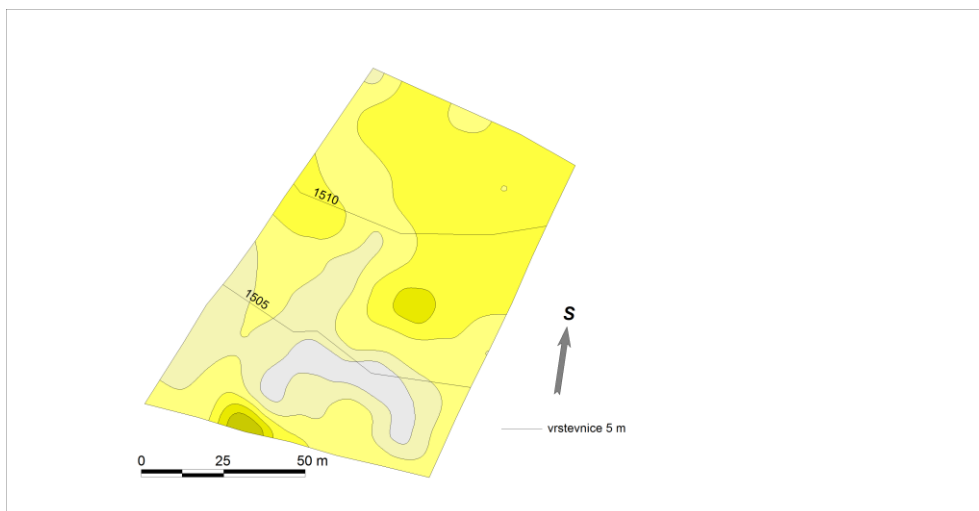
Mapa 113: Sněhová pokrývka na Čertově louce 13. 5. 2013



Mapa 114: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 8. 12. 2012



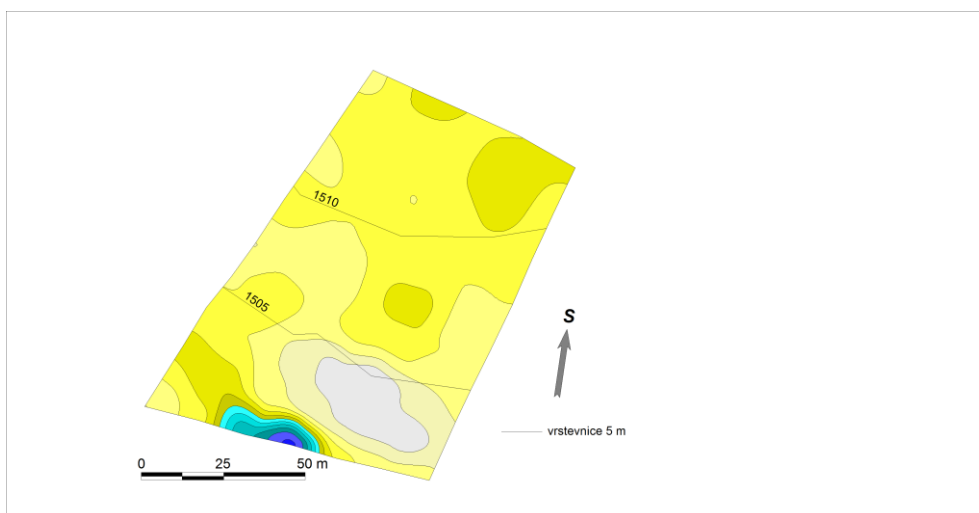
Mapa 115: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 26. 12. 2012



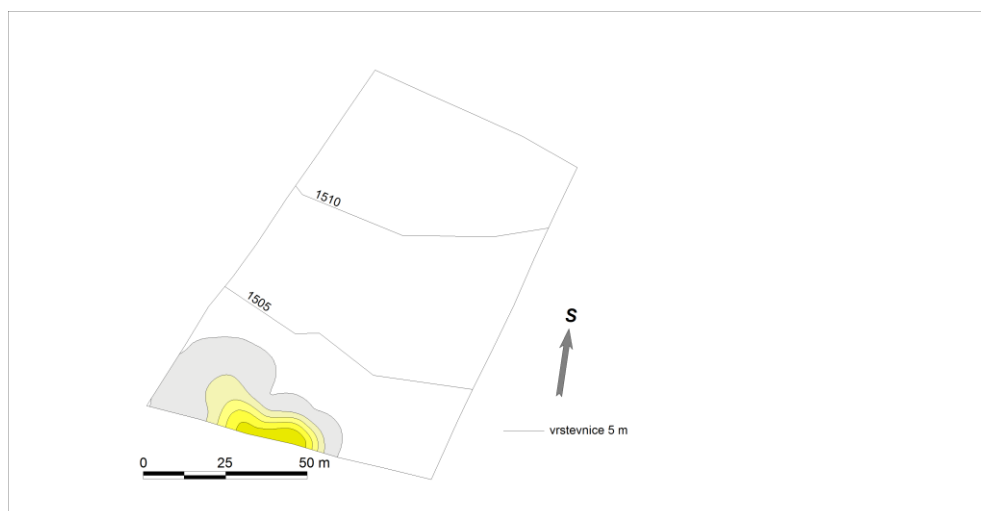
Mapa 116: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 29. 1. 2013



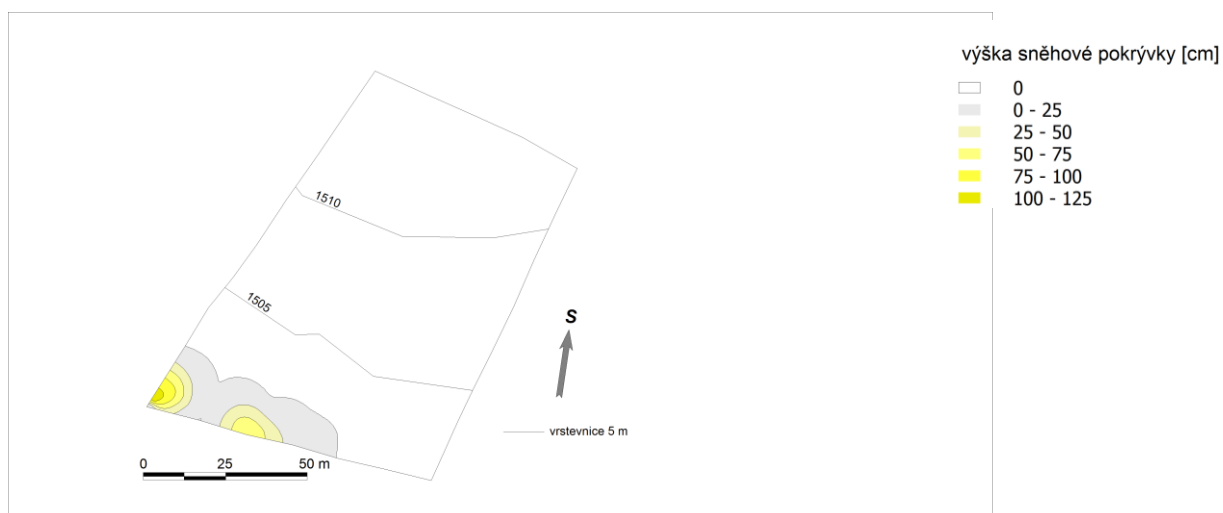
Mapa 117: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 25. 2. 2013



Mapa 118: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 29. 3. 2013

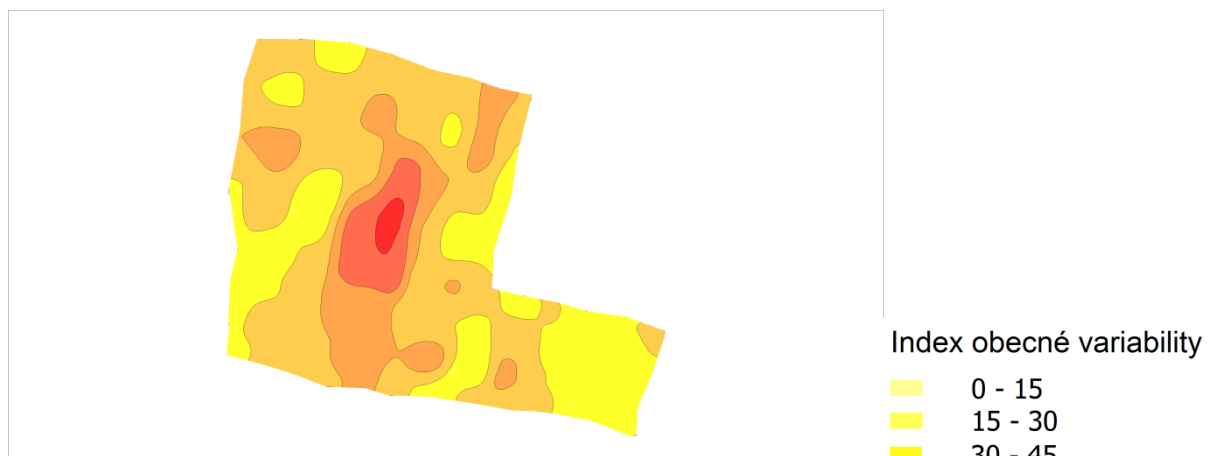


Mapa 119: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 29. 4. 2013

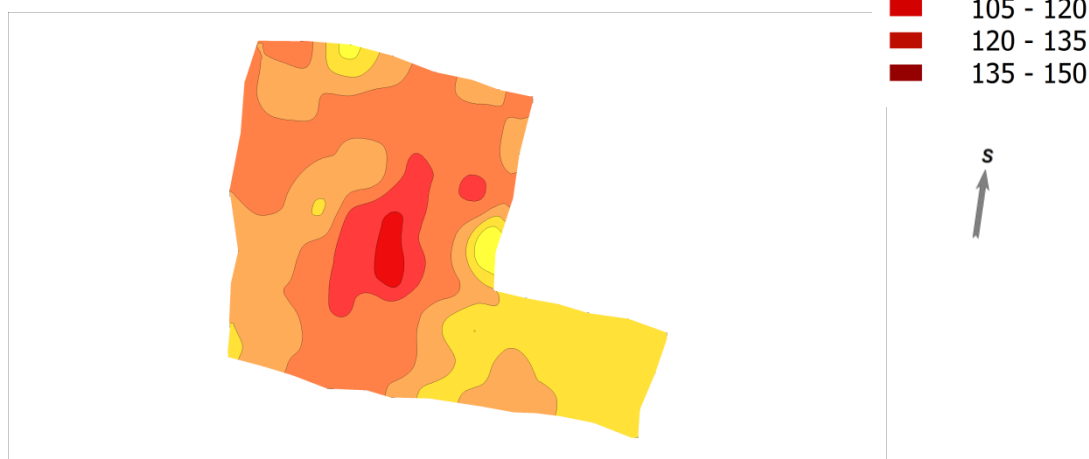


Mapa 120: Sněhová pokrývka na Modrém sedle 13. 5. 2013

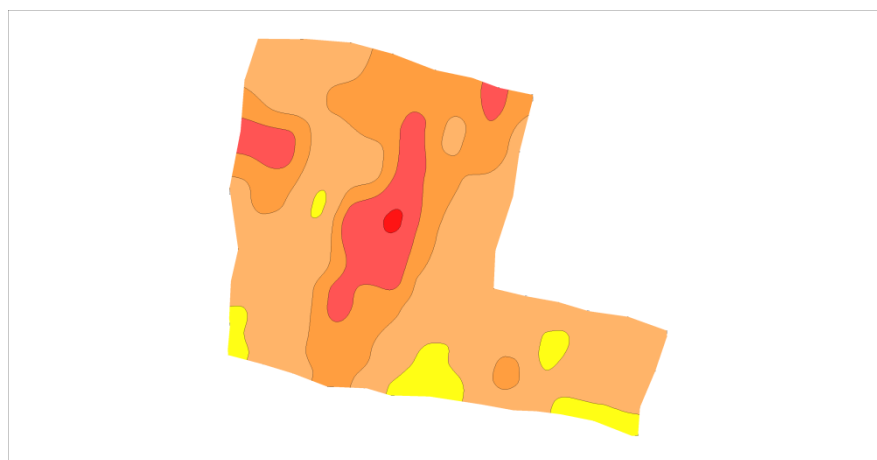
8. 11. Index obecné variability



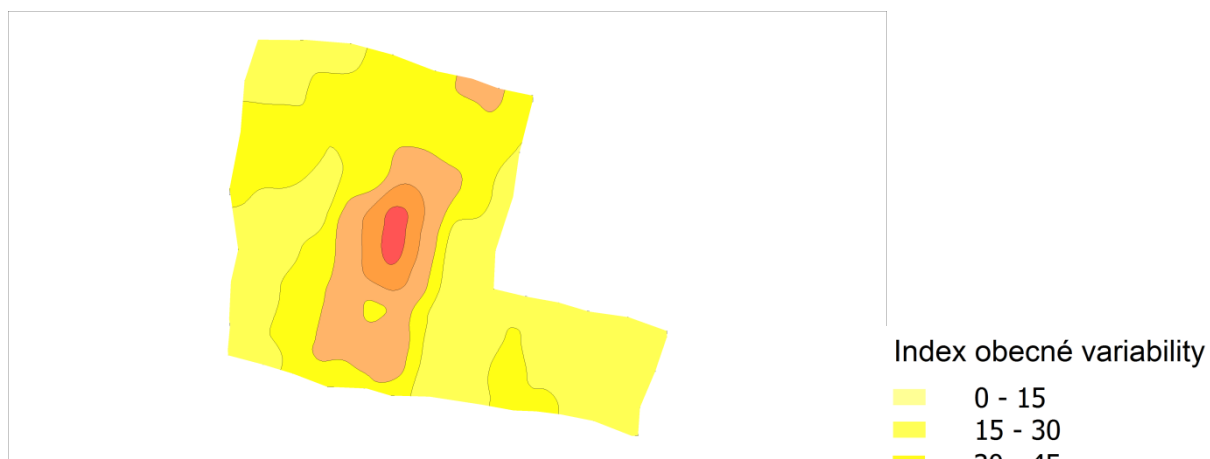
Mapa 121: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2003/2004



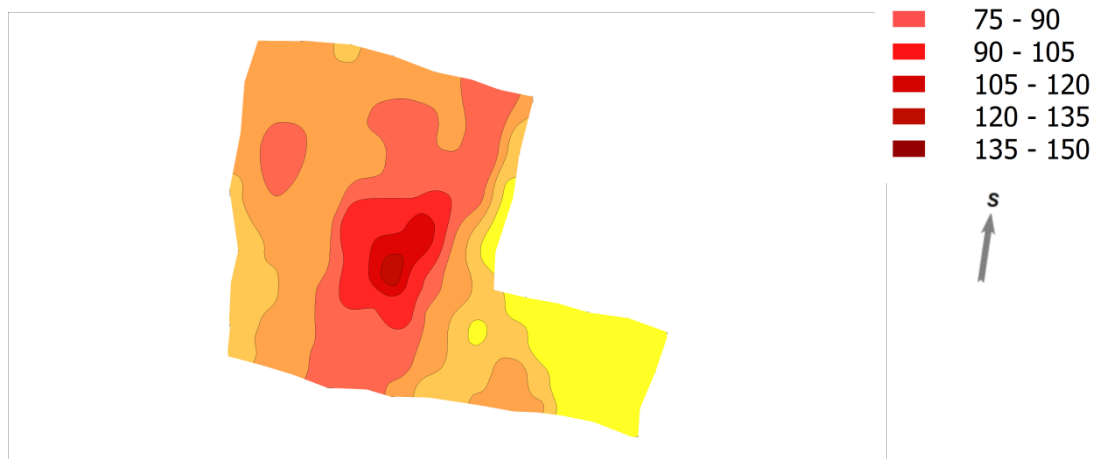
Mapa 122: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2004/2005



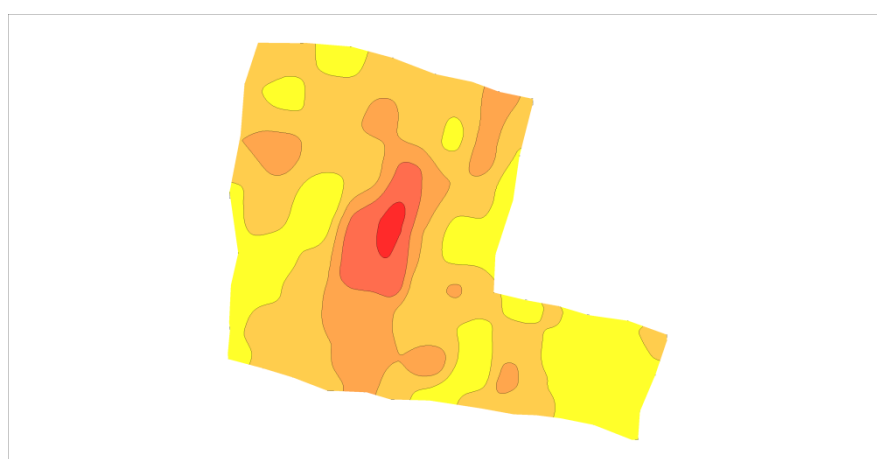
Mapa 123: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2005/2006



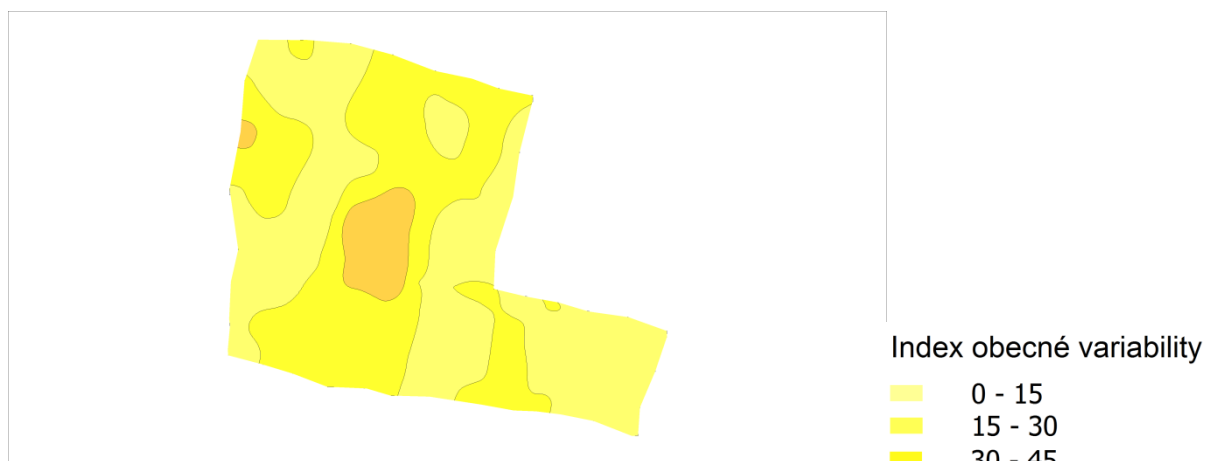
Mapa 124: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2006/2007



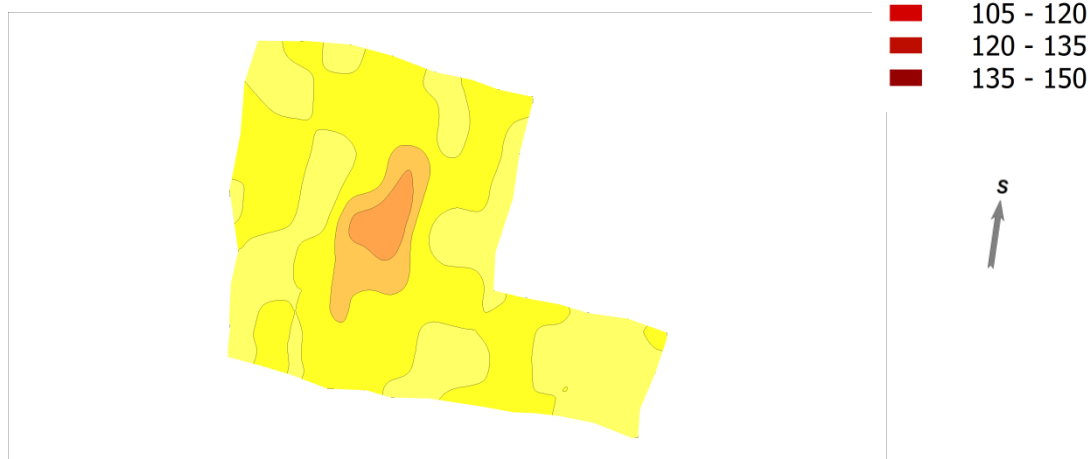
Mapa 125: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2007/2008



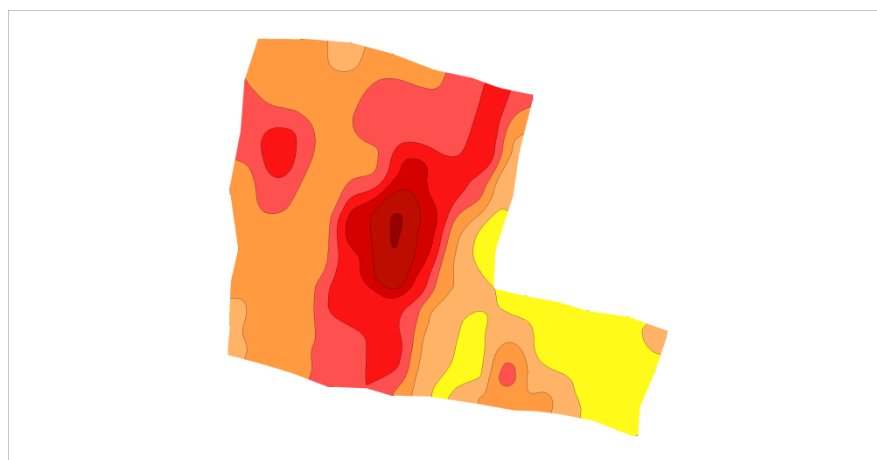
Mapa 126: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2008/2009



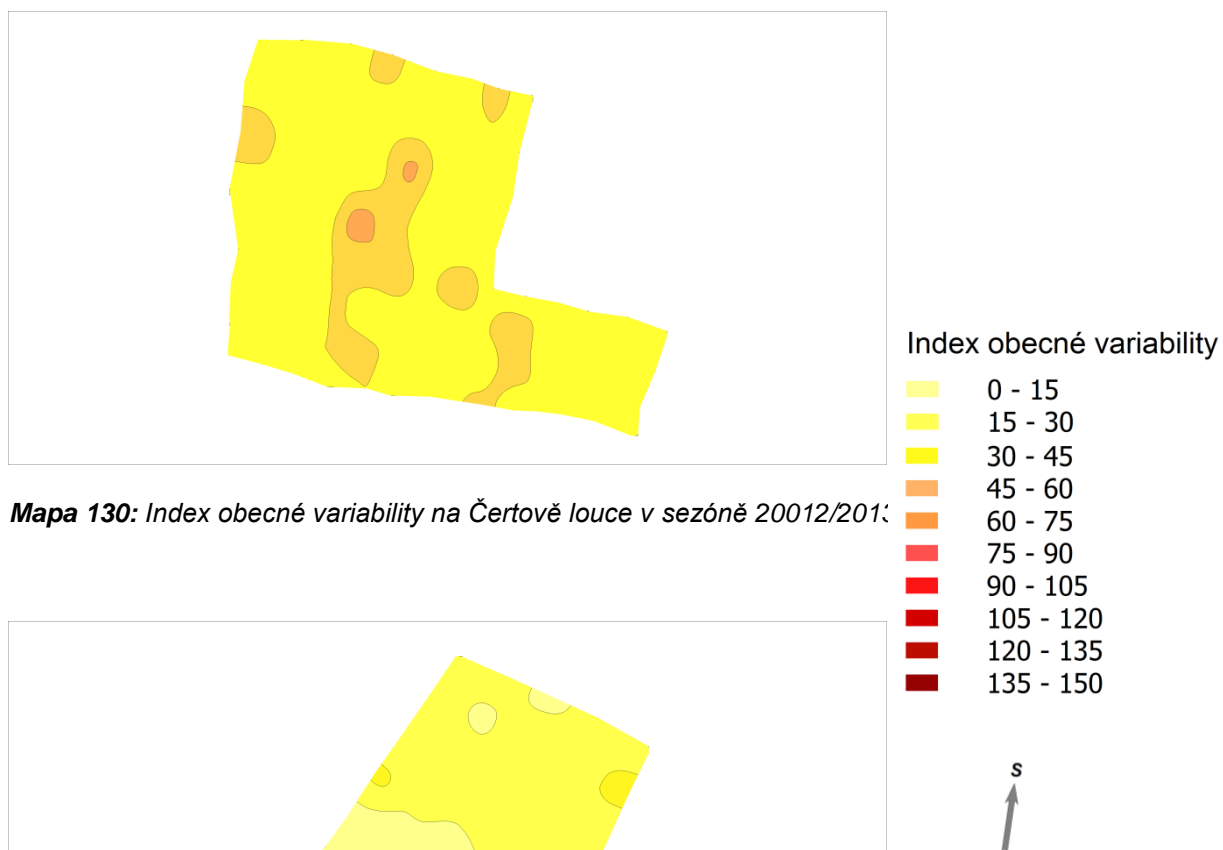
Mapa 127: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2009/2010



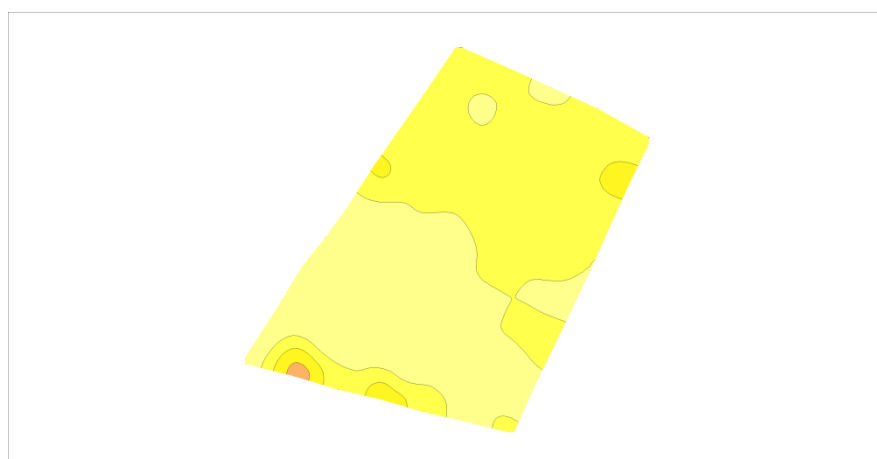
Mapa 128: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2010/2011



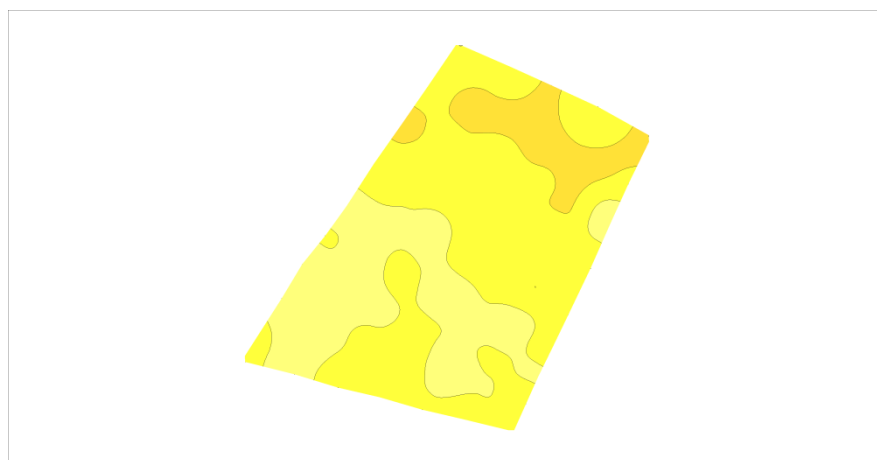
Mapa 129: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2011/2012



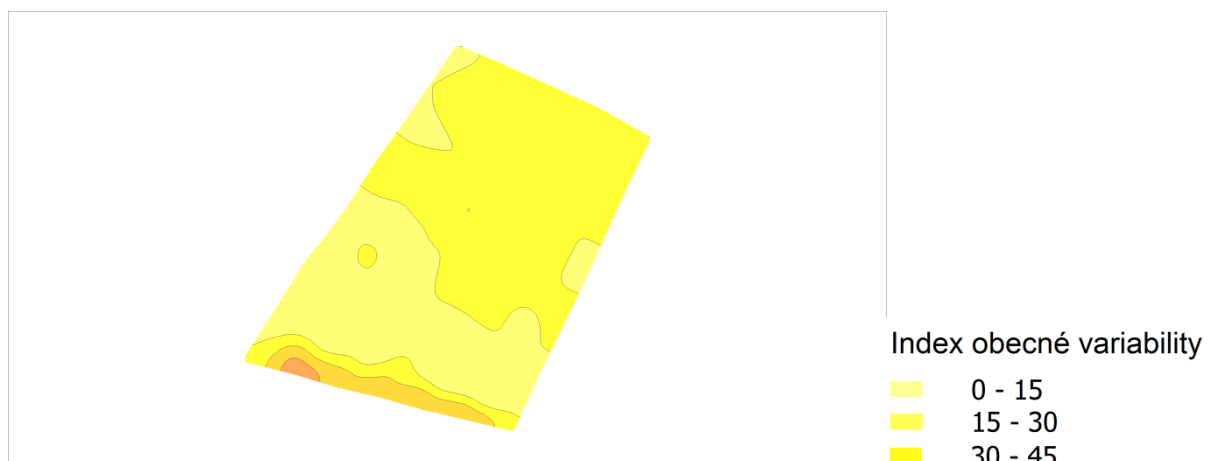
Mapa 130: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 20012/201:



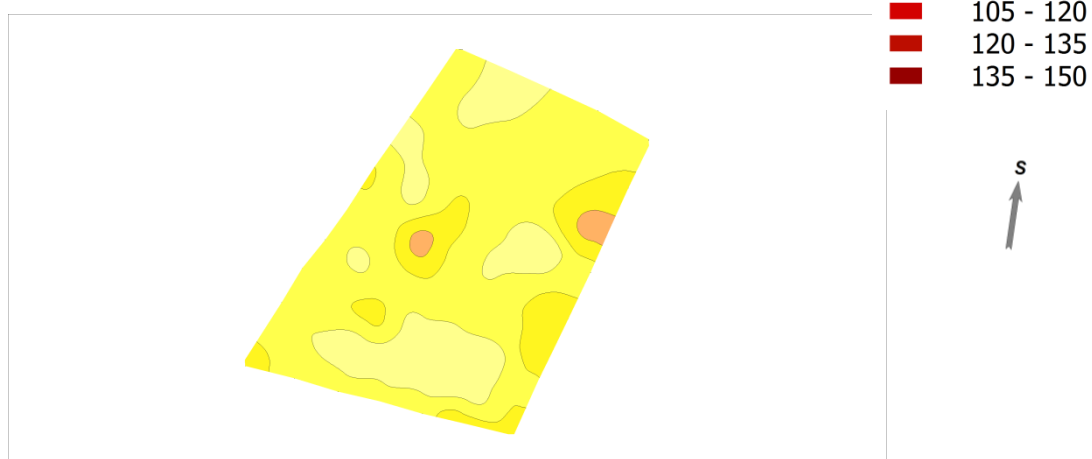
Mapa 131: Index obecné variability na Modrém sedle v sezóně 2003/2004



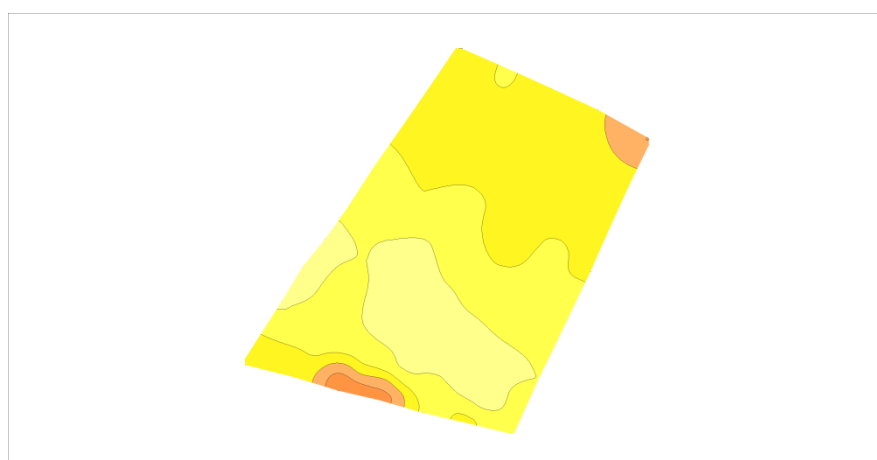
Mapa 132: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2004/2005



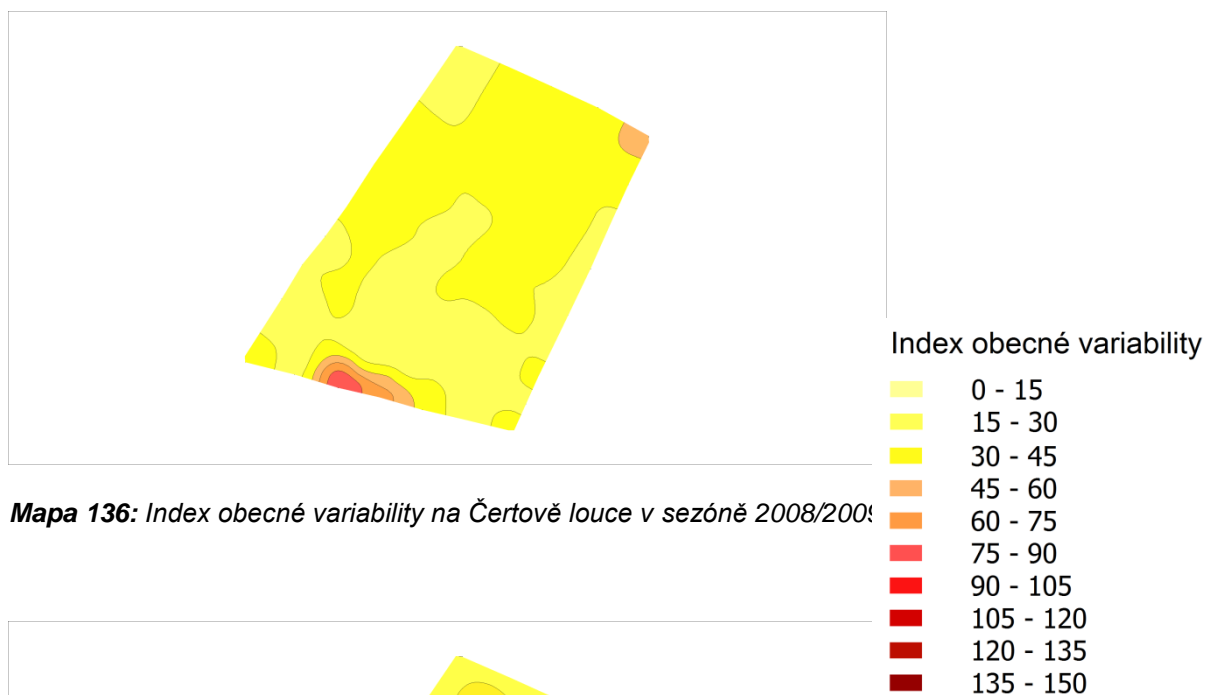
Mapa 133: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2005/2006



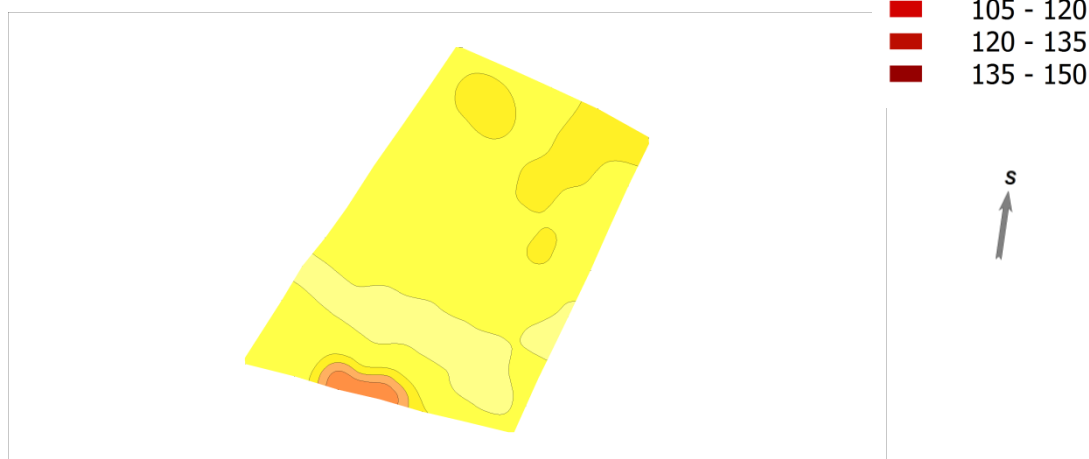
Mapa 134: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2006/2007



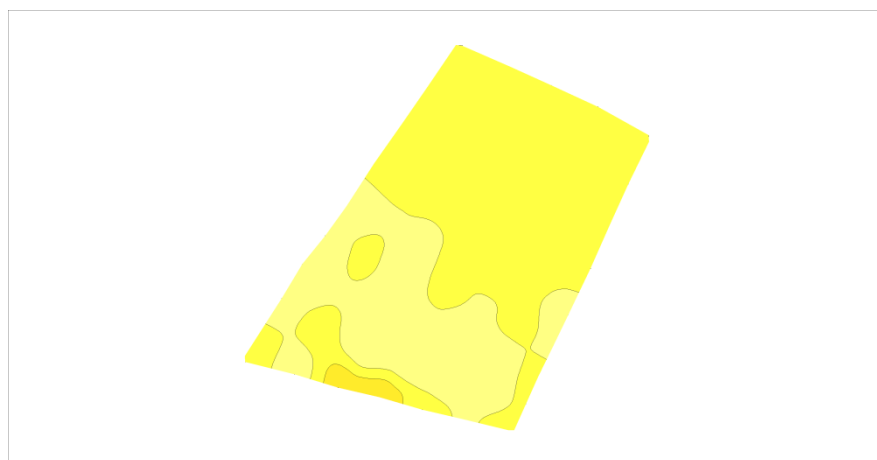
Mapa 135: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2007/2008



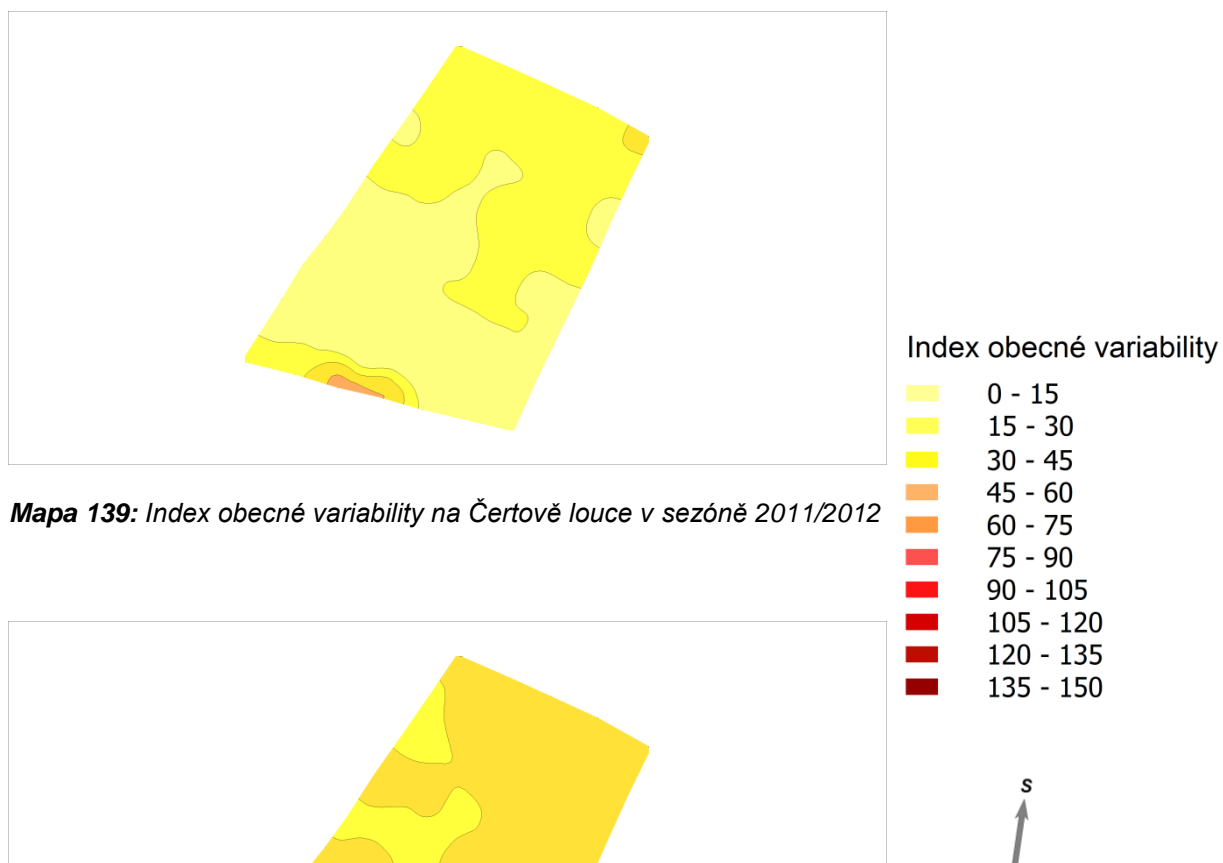
Mapa 136: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2008/2009



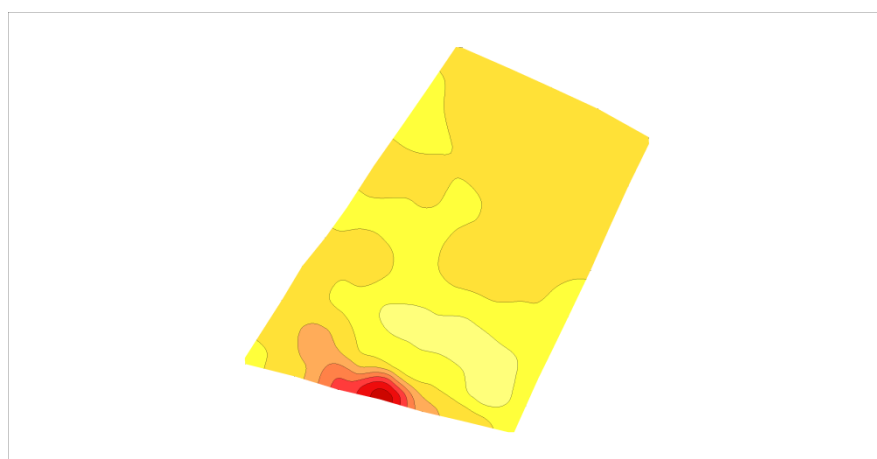
Mapa 137: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2009/2010



Mapa 138: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2010/2011



Mapa 139: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2011/2012



Mapa 140: Index obecné variability na Čertově louce v sezóně 2012/2013

9. LITERATURA

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění Čech, Kartografie Praha, Praha, 79s.

BARTOŠÍKOVÁ, H. (1973): Morfologicky významné výchozy krkonošského žulového masívu. In: Opera Concorctica 10, Praha, s. 71-91.

CLOOS, H. (1925): Tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). Das Riesengebirge in Schlesien. Berlin.

COUFAL, L., ŠEBEK, O. (1969): Klimatické poměry Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s 88-101.

ČERNÝ, W., DOSKOČIL, J. (1969): Zvířena Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 161-178.

ČIHAŘ, M., TŘEBICKÝ, V. (2000): Monitoring turistického využití a management Krkonošského národního parku. In: Opera Concorctica 37, Praha, s. 628-638.

ENGEL, Z. (2003): Pleistocénní zalednění české části Krkonoš. Przyroda Sudetów Zachodnich, 6, Jelenia Góra, s. 223-234.

FANTA, J. (1969): Voda a vodní hospodářství v Krkonošském národním parku. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s 223-234.

FLOUSEK, J. ŠTURSA, J. (2007): Mezinárodní ochrana a spolupráce. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 793-804.

FRENCH, H., M. (2007): The periglacial environment. Jon Wiley and Sons, Chichester, 458s.

GŁOWICKY, B. (2005): Klimat Karkonoszy. In: Karkonosze przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnitwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, s. 381-397.

HANČAROVÁ, E., KRZYSZTOF. P. (2007): Hydrologie. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 157-165.

HALÁSKOVÁ, O., HANČAROVÁ, E., VAŠKOVÁ, I. (2007): Časová a prostorová variabilita vybraných klimatologických a hydrologických prvků na území Krkonoš za období 1961 –

2000. In: ŠTURSA, J., KNAPIK, R., (eds) Geoekologické problémy Krkonoš. In: Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou, Opera Concorctica, 44/1, s. 171-178.

HARČARIK, J. (2002): Microclimatic relationships of the arctic-alpine tundra. In: Opera Concorctica 39, Praha, s. 45-68.

HARČARIK, J. (2007): Sněhové poměry arktoalpínské tundry. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 155-156

HLADNÝ, J., SÝKORA, B. (1983): Klimatologie, hydrologie, sněhová pokrývka. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 33-44

HORÁČKOVÁ, L. (2009): Sněhové poměry na Čertově louce a Modrém sedle v zimě 2008/2009. Bakalářská práce, Praha, 51s.

HORÁČKOVÁ, L. (2012): Pohyb žulových balvanů na Čertově louce (Krkonoše) v období 2009-2012. Diplomová práce, Praha, 72s.

HANČAROVÁ, E., KRZYSZTOF. P. (2007): Hydrologie. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 157-165.

CHALOUPSKÝ, J. (1969): Geologický vývoj Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s 42-48.

CHALOUPSKÝ, J. (1983): Geologický vývoj. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 11-18.

CHALOUPSKÝ, J. et al. (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Academia, Praha, 288s.

CHLUPÁČ, I. et al. (2002): Geologická minulost české republiky. Academia, Praha, 436s.

JANÁSKOVÁ, B. (2006): Ukládání a odbourávání sněhu ve vrcholové oblasti východních Krkonoš In: Opera Concorctica 43, s. 57-80.

JENÍK J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Teorie anemo-orografických systémů. Nakl. ČSAV, Praha. 409s.

KADLEČÍK, P. (2007): Recentní pohyby putujících bloků na Čertově louce v Krkonoších. Diplomová práce, Praha, 102s.

KLEMENTOWSKI, J. (1975): Płaty śnieżne i procesy niwalne w Karkonoszach. In: Opera Concontica 12, Praha, s. 51-63.

KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H., VÁŇA, J., JANKOVSKÁ, V. (2005): Kryogenní kopečky – pounus – ve Skandinávii a v Krkonoších. In: Opera Concontica 42, s. 31-54.

KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. (2008): Jevy spojené s odtáváním sněhové pokrývky v tundrové zóně Krkonoš. In: Opera Concontica 45, s. 13-34.

KOCIÁNOVÁ, M., JAKONOVSKÁ, V., ŠTURSOVÁ, H. (2010): Palsy a lithalsy, proč ano, proč ne v minulosti v Krkonoších. In: Opera Concontica 47, s. 83-110.

KÖRNER, C. (2003): Alpine plant live: functional plant ecology of high mountain ecosystems Springer, Berlin, 344s.

KRÁL, V., SVOBODA, J. (1983): Úvod. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 5-7.

KRÁLÍK, F., SEKYRA, J. (1969): Geomorfologický přehled Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 59-87.

KRÁL, V., PILOUS, V., PROSOVA, M., ŠEBESTA, J. (1983): Vývoj reliéfu. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 19-32.

KŘÍŽEK, M., TREML, V., ENGEL, Z. (2007): Zákonitosti prostorového rozmístění periglaciálních tvarů v Krkonoších nad alpínskou hranicí lesa. In: ŠTURSA, J. a KNAPIK, R. (eds), Geologické problémy Krkonoš. Sborn. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n, Úpou. Opera Concontica 44/1, s. 67-79.

KWIATKOWSKI, J., LUCERSKI, P. (1979): Warunki śniegowe i narciarskie na połnocnich stokach Karkonoszy. In: Opera Concontica 16, Praha, s. 51-71

LÍBALOVÁ, J. (1964), Krkonošský žulový masiv. In: Opera Concontica 1, Praha, s. 25-33.

LOKVENC, T. (2007a): Lesní hospodářství. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 473-484.

LOKVENC, T. (2007b): Budní hospodářství. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 473-484.

LOKVENC, T. (2007c): Lov a myslivost. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 485-490.

MARGOLD, M. (2007), Geomorfologické projevy dlouho ležících sněhových polí. Diplomová práce, Praha, 77s.

MARCHAND, P. J. (1982): Life in cold. University press of New England, Hannover, 304s.

MIGONÍ, P., PILOUS, V. (2007): Geomorfologie. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 103-124.

MERCIER, J. L., BOURLÈS, D., KALVODA, J., ENGEL, Z., BRAUCHE, R. (2002): Report on radiometric ^{10}B dating of glaciál and periglacial landforms in the giant mountains. In: Opera Concorctica 39, Praha, s. 169-174.

METELKA, L., MRKVICA, Z., HALÁSOVÁ, O. (2007): Podnebí. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 147-154.

PARTSCH J. 1894: Die Vergletscherung des Reisingebirges zur Eiszeit. – Forsch. Z. d. Landes und Volkskunde, Stuttgart, 8/2: 103–194.

PETŘÍKOVÁ, H., FLOUSEK, J., RAJ, A. (2007): Biosférická rezervace Krkonoš/Karkonosze. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 793-804.

PILOUS, Z. (1969): Mechorosty Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 112-118.

PILOUS, V. (1973): Strukturní mury v Krkonoších – I. část. In: Opera Concorctica 10, Praha, s. 15-69.

PLAMÍNEK, J. (2007): Geologie. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 83-102.

PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S., MIKESKA, M., BOČEK, M., HEJCMAN, M. (2007): Půdy. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 135-146.

PELÍŠEK, J. (1974), Půdy Krkonošského národního parku. In: Opera Concorctica 11, s. 7-35.

SEKYRA, J. (1960): Působení mrazu na půdu: kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. ČSAV, Praha, 164s.

SEKYRA, J. (1964): Kvartérně geologické a geomorfologické problémy krkonošského krystalinika. In: Opera CFoncorctica 1, Praha, s 7-24.

SINGH, P., SINGH, V., P. (2001): Snow and glacier hydrology, Kluwer Academic Publishers, Dortrecht, 742s.

SMITH, M., B. et al (2004): Runoff response to spatial variability in pre-cipitation: an analysis of observed data, Journal of Hydrology 298, s. 267–286.

SPUSTA, V., sen., SPUSTA, V., jun., KOCIÁNOVÁ, M. (2003a): Ukládání sněhu na závětrných svazích české strany Krkonoš (Tundrová zóna). In: Opera concortica 40, Praha, s. 87-104.

SPUSTA, V., sen., SPUSTA, V., jun., KOCIÁNOVÁ, M. (2003b): Lavinový katastr a zimní situace na hřebenu české části Krkonoš v období 1998/99-2002/03. In: Opera Concorctica 40, Praha, s. 5-86

SPUSTA, V., sen., SPUSTA, V., jun., KOCIÁNOVÁ, M. (2006): Lavinový katastr české části Krkonoš v zimním období 2003/04 až 2005/06. In: Opera Concorctica 43, Praha, s. 81-93.

SPUSTA, V., BRZEZIŃSKI, A., KOICÁNOVÁ, M. (2007): Laviny. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 793-804.

SÝKORA, B. et al. (1983): Krkonošský národní park. SZN, Praha, 280s.

ŠEBESTA, J. - TREML, V. (1976): Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš. In: Opera Corcontica 13, Praha, s. 7-44.

ŠEBESTA, J. (1978): Sněhová pole na české straně Krkonoš. In: Opera Corcontica 15, Praha, s. 15-49.

ŠOUREK, J. (1969): Květena Krkonoš. In: FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 119-160.

ŠTURSA, J., JENÍK, J., KUBÍKOVÁ, J., REJMÁNEK, M., SÝKORA, T. a kolektiv (1973): Sněhová pokrývka západních Krkonoš v abnormální zimě 1969/1970 a její ekologický význam. In: Opera Concorctica 10, Praha, s. 111–146.

ŠTURSA, J., JENÍK, J. & VÁŇA, J. (2010): Alpínská hranice lesa v Krkonoších a v pohoří Abisko. In: Opera Corcontica 47, Praha, s. 129–164.

ŠTURSA, J., JENÍK, J., DVOŘÁK, J., HARČARIK, J., JANKOVSKÁ., †SOUKUPOVÁ, L., & VANĚK, J. (2012): Horské růžencové toky v arкто-alpínské tundře Krkonoš, Vysoké Sudety. Opera Concorctica 49, Praha, s. 145-172.

ŠTYCH, P., BLÁHA, J., BRAVENÝ, L., GRILL, S., SCHNEIDER, M. (2008): Vybrané funkce geoinformačních systémů. Učební text, Praha, 181s.

TOMÁŠEK, M., ZUSKA, V. (1983): Půdní poměry. In: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 59-62.

TREML, V., KRÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2005): Strukturní půdy Vysokých Sudet – rozšíření, aktivita. In: Geomorfologický sborník, ČAG, JČU, České Budějovice, č. 4, s. 149-153.

TREML, V. (2007): Dynamika alpínské hranice lesa ve Východních Sudetech. Dizertační práce, Praha, 198s.

TRYZNA, V. (2011): Sněhové poměry na Čertově louce a v Modrém sedle (Krkonoše) v zimě 2010/2011, Bakalářská práce, Praha, 35 s.

VANĚK, J., SÝKORA, J., PIVOŇKA, J., PAŁUCKI, A. (2007): Národní parky. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha, s. 793-804.

VRBA, M. (1964): Sněhová akumulace v lavinové oblasti Modrého dolu v Krkonoších. In: Opera concortica 1, s. 55-69.

VRBA, M. (1969): Laviny v Krkonoších. In: Příroda Krkonošského národního parku, Praha, s. 102-111.

VRBA, M., SPUSTA, V. (1975): Lavinový katastr Krkonoš. In: Opera concortica 12, Praha, s. 65-90.

VRBA, M., SPUSTA, V. (1991): Lavinový katastr Krkonoš. In: Opera Concorctica 28, Praha, s. 47-58.

WALCZAK, W. (1968): Sudety. PWN, Warszawa, 384s.

ZVÁRA, K. (2008): Biostatistika. Karolinum, Praha.

9. 1. Další zdroje:

Data meteorologické stanice Luční bouda (20. 1. 2009 – 30. 5. 2013), Český hydrometeorologický ústav

Hydrologické ročenky 2004-2012, Český hydrometeorologický ústav

Geografický informační systém správy KRNAP, datové vrstvy: vrstevnice int. 5 m, geologie, vrcholy, toky

Souvislá sněhová pokrývka na Luční boudě, Horská služba Krkonoše, osobní sdělení 2013, Valerián Spusta mladší

PŘÍLOHA 1

Fotografie

| | |
|--|----|
| Fotografie 1: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 2 |
| Fotografie 2: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 2 |
| Fotografie 3: Terénní hrana Modrého sedla a akumulční oblast lavinové dráhy | 3 |
| Fotografie 4: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 3 |
| Fotografie 5: Sněhový amfiteátr na Čertově louce | 4 |
| Fotografie 6: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 4 |
| Fotografie 7: Sněhová pokrývka na Čertově louce | 5 |
| Fotografie 8: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 5 |
| Fotografie 9: Sněhová pokrývka v nivační depresi na Čertově louce | 6 |
| Fotografie 10: Čertova louka z pohledu od Památníku obětem hor | 6 |
| Fotografie 11: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 7 |
| Fotografie 12: Sněhová pokrývka na Čertově louce | 7 |
| Fotografie 13: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší | 8 |
| Fotografie 14: Sněhová pokrývka v nivační depresi v akumulční oblasti Modrého sedla | 8 |
| Fotografie 15: Nivační deprese na Čertově louce | 9 |
| Fotografie 16: Odtávání v pramenné oblasti Stříbrné bystřiny na Čertově louce | 9 |
| Fotografie 16: Odtávání v okolí putujícího kamenného bloku na Čertově louce | 10 |
| Fotografie 17: Srnčí zvěř na Čertově louce | 10 |
| Fotografie 18: Prvosenka nejmenší (Dwarf Primrose) na Modrém sedle | 11 |
| Fotografie 17: Tříděné polygony na Luční hoře | 11 |
| Fotografie 18: Tříděné pruhy na Luční hoře | 12 |
| Fotografie 19: Měření výšky sněhové pokrývky na Čertově louce | 13 |



Fotografie 1: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 22. 4. 2011)



Fotografie 2: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 19. 5. 2011)



Fotografie 3: Terénní hrana Modrého sedla a akumulční oblast lavinové dráhy (fotografováno 19. 5. 2011)



Fotografie 4: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 10. 5. 2012)



Fotografie 5: Sněhový amfiteátr na Čertově louce (fotografováno 10. 5. 2012)



Fotografie 6: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 24. 5. 2012)



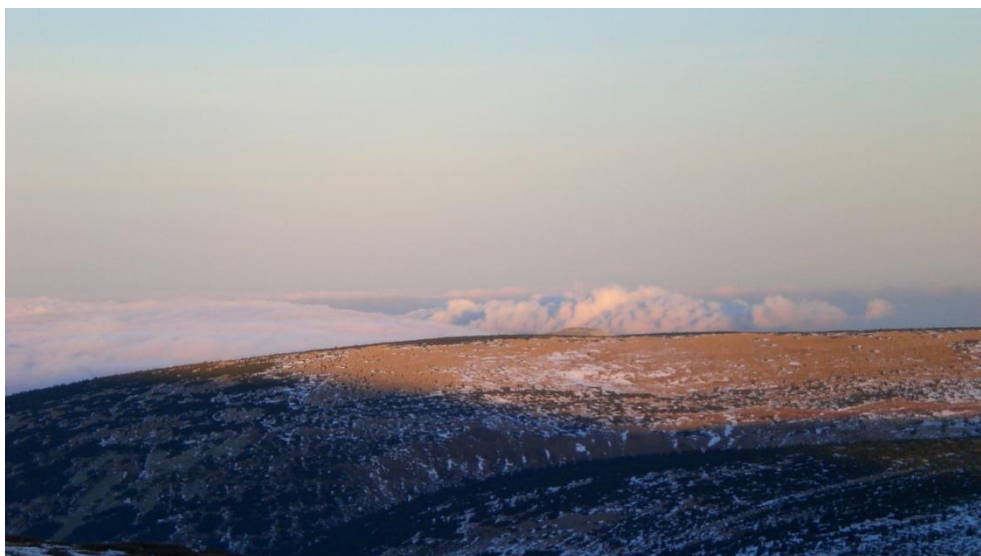
Fotografie 7: Sněhová pokrývka na Čertově louce (fotografováno 24. 5. 2012)



Fotografie 8: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 7. 6. 2012)



Fotografie 9: Sněhová pokrývka v nivační depresi na Čertově louce (fotografováno 7. 6. 2012)



Fotografie 10: Čertova louka z pohledu od Památníku obětem hor (fotografováno 18. 11. 2012)



Fotografie 11: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 8. 12. 2012)



Fotografie 12: Sněhová pokrývka na Čertově louce (fotografováno 8. 12. 2012)



Fotografie 13: Čertova louka z pohledu od Stříbrného návrší (fotografováno 13. 5. 2013)



Fotografie 14: Sněhová pokrývka v nivační depresi v akumulční oblasti Modrého sedla (fotografováno 13. 5. 2013)



Fotografie 15: Nivační deprese na Čertově louce (fotografováno 22. 6. 2012)



Fotografie 16: Odtávání v pramenné oblasti Stříbrné bystřiny na Čertově louce (fotografováno 22. 4. 2011)



Fotografie 16: Odtávání v okolí putujícího kamenného bloku na Čertově louce (fotografováno 10. 5. 2012)



Fotografie 17: Srnčí zvěř na Čertově louce (fotografováno 22. 6. 2012)



Fotografie 18: *Prvosienka nejmenší* (Dwarf Primrose) na Modrém sedle (fotografováno 24. 5. 2012)



Fotografie 17: *Tříděné polygony* na Luční hoře (fotografováno 10. 5. 2012)



Fotografie 18: Tříděné pruhy na Luční hoře (fotografováno 22. 4. 2011)



Fotografie 19: Měření výšky sněhové pokrývky na Čertově louce (fotografováno 18. 2. 2012)